Ur
Om

Hoffmann

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Sonne, Erde und Mond.

Astronomische Elementarlehren,

faßlich dargestellt

von

Dr. Joh. Jos. Ign. Hoffmann,

königl. bayer. Hofrathe, Director des Lyceums zu Aschaffenburg, Professor der Mathematik und Physik, mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitgliede.

Bayerische Staatsbibliothek München

Aschaffenburg, 1845.

Verlag von Th. Pergay (C. Krebs).

170. D.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seinen
vormaligen ausgezeichneten Zuhörern,

Herrn Kreis- und Stadtgerichts-Director
Ernest von Will
zu Aschaffenburg,
und
Herrn Lyceal-Professor, Hofbibliothekar
Dr. Joseph Merkel
zu Aschaffenburg,
den
im Gebiete der Astronomie gründlich gebildeten
Verehrern dieser Wissenschaft
freundschaftlich gewidmet
vom
Verfasser.

Vorwort.

Die Lehren der Astronomie können auf dreifach verschiedene Weise dargestellt werden. Entweder erscheinen dieselben in der möglichst streng wissenschaftlichen Form, unterstützt durch Hülfssätze der höhern und niedern Mathesis, und nun sind sie theils nur den Männern vom Fache, theils dem seltenern Kreise mathematisch gebildeter Liebhaber zugänglich; oder es werden diese Lehren in populärem Vortrage blos historisch entwickelt, etwa nur durch Zeichnungen oder in Zahlenbeispielen erläutert und jede eigentlich wissenschaftlich-mathematische Erörterung oder Begründung sorgfältig dabei vermieden, und jetzt dienen sie sowohl zur Belehrung der Zöglinge der Volksschulen, als auch jedes wißbegierigen Unstudirten und selbst der lehrbegierigen Frauen; oder man wählt einen Mittelweg zwischen diesen beiden, verbindet das Mathematische mit dem Geschichtlichen bei der Darstellung, wodurch nicht allein dem Triebe nach dem astronomischen Wissen überhaupt, sondern auch nach einem gründlichen astronomischen Wissen entsprochen wird, und in dieser

Gestalt sind sie jener großen Zahl von gebildeten Lesern gewidmet, welche, mit den Elementen der Arithmetik und Geometrie vertraut, sich nach einer solchen gründlichen Einsicht in die Hauptwahrheiten der Astronomie sehnen, ohne in die tiefsten Tiefen dieser Wissenschaft eindringen zu wollen. Hierbei ist das Historische mit dem Wissenschaftlichen innigst verschlungen und jenachdem Jenes über Dieses, oder Dieses über Jenes vorherrscht, nähert sich die Darstellung mehr oder minder einer der beiden vorher erwähnten. Da dieses Wechselverhältniß ein gar sehr verschiedenes seyn kann, so gehören auch zu dieser Classe die meisten Lehrbücher der Astronomie.

Um dieses näher zu erläutern, werden folgende drei sehr zu empfehlende Schriften aus der zahlreichen Reihe astronomischer Anleitungen hier aufgeführt, deren Verfasser als einer der vorzüglichsten deutschen Astronomen bekannt ist. In die erste Abtheilung gehöret:

Friedr. Theod. Schubert's theoretische Astronomie. Erster Theil. Sphärische Astronomie. St. Petersburg 1798. XIV u. 184 S. gr. 4. mit 2 Taf. Zweiter Theil. Theorische Astronomie. Das. VIII u. 367 S. mit 4 Taf. Dritter Theil. Physische Astronomie. Das. VI u. 338 S. mit 2 Taf.

Der zweiten Abtheilung schließen sich an:

Dessen vermischte Schriften. Erster Band. Stuttgart und Tübingen, 1823; 8., worin sich (S. 1 bis 152) eine treffliche populäre Darstellung des Weltsystems, der täglichen und jährlichen Bewegung

der Erde und der Keplerischen Gesetze befindet. Zweiter Band, 1823, (S. 1 bis 180) physische Astronomie und Topographie des Himmels. Dritter Band, 1825, (S. 1 bis 179) Nähere Betrachtung der Sonne, der Venus, des Mercurs und des Mars. Vierter Band, 1826, (S. 1 bis 160) Nähere Betrachtung des Jupiters, Saturns, Uranus, der vier neuesten Planeten und der Cometen. Der zweite Abschnitt jedes Bandes ist physischen Betrachtungen gewidmet.

Zur dritten Abtheilung gehört:

Dessen Populäre Astronomie. Erster Theil. Geschichte der Astronomie und sphärische Astronomie. Hamburg, 1831. XVI und 337 S. gr. 8. Mit 4 Taf. Zweiter Theil. Theorische Astronomie. 1834. XIV u. 388 S. Mit 5 Taf. Dritter Theil. Physische Astronomie. 1834. XI u. 391 S. Mit 5 Taf., welche, obgleich populär genannt, dennoch mit nicht wenigen mathematischen Lehren durchwebt ist.

Die hier folgende kleine Schrift soll die Elementarlehren der Astronomie, faßlich dargestellt und in zusammenhängender Ordnung, entwickeln; so, daß ihr erster Theil das Wissenswürdigste von unserer Sonne, nebst der Erde und ihrem Monde zum Gegenstande hat. Der zweite Theil wird sodann eben dieses in Bezug auf die Planeten, Cometen und Fixsterne enthalten.

Da sich diese astronomische Anleitung nur auf die Elemente der Sternkunde erstreckt, so wird man in ihr die Entwickelung jener feinern Lehren

nicht suchen, welche entweder blos dem eigentlichen Astronomen vom Fache zugänglich sind, oder eine tiefere mathematische Vorbereitung zu ihrer Begründung voraussetzen. Diese Untersuchungen bleiben für Solche, welche Zeit und Lust dazu haben, einem weitern Studium vorbehalten, zu welchem gegenwärtige Schrift eine sichere Grundlage bildet. Wer auch nur mit den Grundlehren der Arithmetik, Geometrie, Stereometrie und der ebenen Trigonometrie vertraut ist, dem wird bei keiner der mathematischen Anwendungen, welche sie enthält, eine Schwierigkeit des Verständnisses entgegentreten. Ohne allen Gebrauch der Mathesis bei Entwickelung astronomischer Wahrheiten haben jedoch diese für Leser, welche nach höherem Wissen streben, keinen ihrem Standpunkte entsprechenden Werth. Mit wie wenigem mathematischem Apparate man übrigens zur gründlichen Auflösung der wichtigsten (die allgemeine wissenschaftliche Bildung förderndе) Aufgaben ausreichen könne, glaubt der Vfr. durch seine Darstellung nachgewiesen zu haben.

Auf gleiche Weise ließ er sich die Faßlichkeit seines Vortrags sehr angelegen seyn, worauf, wie bei mathematischen Schriften überhaupt, so bei astronomischen im Besondern, ein großes Gewicht zu legen ist. Er hat sich demnach bemüht, das Wesentlichste des Inhaltes jedes einzelnen §., mit Umgehung aller unnützen Weitläufigkeit, in verständlichen Worten auszudrücken; eingedenk der bekannten Wahrheit, daß allzu wortreiche Entwickelungen nur selten klare Darstellungen sind. In wie weit ihm

dieses Streben nach Klarheit gelungen ist, werden die aufmerksam theilnehmenden Leser beurtheilen.

Was nun die Anordnung der einzelnen Materien zu einem umfassenden Ganzen betrifft, so besteht bei den größern und kleinern astronomischen Lehrbüchern eine sehr große Verschiedenheit. Die Trennung der sphärischen Astronomie von der theorischen wollte dem Vfr. dieses nie recht zusagen, weil Wiederholungen derselbigen Phänomene unabweislich sind und der wißbegierige Lehrling sich, sobald er von diesen Erscheinungen Kenntniß erlangt hat, sogleich auch nach der Entscheidung sehnet, was bloßer Schein und was Wirklichkeit an ihnen ist. Können hiebei auch die physischen Gründe, woraus diese Phänomene hervorgehen, auf faßliche Weise damit verbunden werden, so ist der nach Ueberzeugung strebende Verstand vollkommen befriedigt.

Eben so wenig kann es der Vfr. billigen, wenn, wie dieses bei nicht wenigen, sonst sehr gehaltvollen Anleitungen zur Astronomie der Fall ist, gleich vornherein Begriffe und Lehren aufgestellt werden, welche erst weit später ihre Erklärung oder überzeugende Begründung erhalten.

Es wäre demnach für den Vortrag solcher Elementarlehren der Astronomie ein systematischer Faden zu wünschen, welcher die zu ihrem Gebiete gehörigen Wahrheiten, den Gliedern einer Kette gleich, so zusammenreihte, daß jede einzelne mit der ihr vorhergehenden und auf sie folgenden nicht in einem blos zufälligen, sondern aus der Natur der Sache hervorgehenden Zusammenhang stände.

Obwohl nun ein solches System, im strengen Sinne des Wortes, bei Erfahrungswissenschaften nicht stattfinden kann, so muß das Streben dennoch darauf gerichtet seyn, bei ihrem Vortrage diesem Ideale einer systematischen Darstellung möglichst zu entsprechen.

Von dieser Ansicht geleitet, hat sich der Vfr. bemühet, die astronomischen Elementarlehren in zusammenhängender Ordnung so vorzutragen, daß sich dieselben ungezwungen einander anreihen, das blos Scheinbare von dem wirklich Bestehenden überzeugend geschieden und zugleich auch der physische Grund der Erscheinungen erkannt werden kann. Um dieses möglich zu machen, mußte das Nöthigste aus der Lehre vom Lichte (§. 68, 73—77.) von den Kräften überhaupt (§. 89—95.), von dem Pendel (§. 98—100), von der Centralbewegung (§. 120—125) gehörigen Ortes eingeschalten werden, bei dessen Entwickelung der Vfr. mit leichter Faßlichkeit auch wissenschaftliche Gründlichkeit zu verbinden suchte.

Möchte diese Anleitung zur Elementar-Astronomie einen wirksamen Beitrag zur Verbreitung dieser Geist und Gemüth erhebenden Lehre bilden und mit gleichem Wohlwollen aufgenommen werden, wie meine seit drei und vierzig Jahren erschienenen übrigen Schriften!

Aschaffenburg, im April 1845.

Der Verfasser.

Uebersicht der Elementarlehren der Astronomie.

Seite 1. §. 1. Begriff des Fallens, der Schwerkraft, der lothrechten Linien.
Das. §. 2. Fernere Erläuterung hierüber.
S. 2. §. 3. Lothrechte Linien sind gleichweitabstehende unter sich.
Das. §. 4. Begriff der wagrechten oder horizontalen Ebene und der Horizontallinien.
S. 3. §. 5. Begriff der schiefen Ebene; Bestimmung ihres Neigungswinkels. Schiefstehende Linien.
Das. §. 6. Begriff des Gesichtskreises oder des Horizontes
S. 4. §. 7. Der Scheitelpunkt oder das Zenith.
Das. §. 8. Das Himmelsgewölbe oder die Himmelskugel.
S. 5. §. 9. Allgemeiner Begriff der Himmelskörper und Astronomie.
S. 6. §. 10. Allgemeine Kennzeichen der Fixsterne, Planeten und Cometen.
Das. §. 11. Die östliche und westliche Gegend des Himmels. Veränderlichkeit des Auf- und Untergangs-Ortes der Sonne.
S. 7. §. 12. Bestimmung der südlichen und nördlichen Himmelsgegend.
S. 8 §. 13. Begriff der Sonnenhöhe und ihrer Verschieschiedenheit. Bestimmung ihres Maßes.

Seite 8 §. 14. Methode, die Sonnenhöhe zu messen. Der Zenithabstand der Sonne.

S. 9. §. 15. Bestimmung des Mittags. Culmination der Sonne.

S 10. §. 16. Bestimmung der Mittagslinie.

Das. §. 17. Genauere Angabe der Haupt- und Neben-Himmelsgegenden.

S. 11. §. 18. Methode, die Mittagslinie sichtbar zu verzeichnen.

S. 12. §. 19. Verhältniß der Mittagslinie zu den Sonnenuhren.

Das. §. 20. Verschiedene Sonnenhöhe zur Zeit ihrer Culmination.

Das. §. 21. Kenntniß des Sternbildes des großen Bären und einiger seiner Hauptsterne. Verschiedene Größe der Fixsterne.

S. 13. §. 22. Auffindung des Polarsterns und des kleinen Bären, nebst Benennung einiger seiner Sterne.

S. 14. §. 23. Kreisförmige Bewegung des großen Bären und entfernterer Sterne um einen nahe an dem Polarsterne liegenden Mittelpunkt.

Das. §. 24. Umdrehung des Fixsternhimmels um den Himmelspol.

S. 15. §. 25. Begriff des Meridians oder des Mittagskreises, des Nordpols, der Polhöhe und des Zenitabstandes.

S. 16. §. 26. Allgemeine Bemerkungen über die Gestalt der Erde. Meinungen älterer Philosophen.

S 17. §. 27. Beweis ihrer kugelförmigen Gestalt aus den Erdumschiffungen.

Das. §. 28. Fernerer Beweis aus der Gestalt der Oberfläche des Weltmeers.

S. 18 §. 29. Desgleichen aus Beobachtung des Mittags an Orten, welche östlich oder westlich von einem angenommenen liegen.

S. 19. §. 30. Große Entfernung der Fixsterne von der

Erde durch ihre Beobachtung aus verschiedenen Standpunkten.
Seite 21. §. 31. Fernerer Beweis von der Kugelgestalt der Erde aus Beobachtung der verschiedenen Höhenwinkel der Fixsterne und der Polhöhen.
S. 22. §. 32. Allgemeiner Begriff von der Gradmessung eines Meridianbogens. Möglichkeit ihrer Ausführung.
S. 23. §. 33. Der Erdkörper wird von keinem andern getragen. Begriff des Erdmeridians.
S. 24. §. 34. Einiges Geschichtliche über die ältern Gradmessungen und deren Resultate.
S. 25. §. 35. Neuere Gradmessungen und deren Ergebnisse.
Das. §. 36. Das Dreiecks-Netz von Maupertuis und dessen Resultate.
S. 27. §. 37. Prüfung dieser Arbeiten. Gradmessung von De Lambre und Mechain.
S. 28. §. 38. Abweichung der Erde von der vollkommnen Kugelgestalt. Ihre sphäroidische Form.
S. 29. §. 39. Bestimmung der verschiedenen Durchmesser der Erde in Toisen und deutschen Meilen.
S. 30. §. 40. Größe der Abplattung der Erde, ihrer Oberfläche und ihres Körperinhaltes.
S. 31. §. 41. Richtungen der Schwere bei einer Kugel und bei einem Sphäroide.
S. 32. §. 42. Nähere Bestimmung des Gesichtskreises. Verschiedene Lage des Horizontes auf der Erde. Antipoden.
S. 33. §. 43. Bestimmung der Gesichtsweite bei bestimmten Erhöhungen über dem Horizonte.
S. 35. §. 44. Berechnung dieses Gesichtsfeldes.
S. 36. §. 45. Der Durchmesser der Erde ist gegen die Entfernung der Fixsterne von ihr = 0.
S. 37. §. 46. Mehrere Folgerungen aus diesem großen Abstande.
S. 39. §. 47. Genaue Bestimmung des Himmelspols.

Seite 40. §. 48. Nähere Bestimmung der Weltaxe, der Erdaxe, des Nord- und Südpols der Erde, des Himmels- und Erd-Aequators.
S. 41. §. 49. Mehrere Folgerungen hieraus, nebst Bestimmung neuer Begriffe.
S. 42. §. 50. Erklärung der schiefen Sphäre und ihrer Eigenschaften.
S. 43. §. 51. Folgerungen hieraus.
S. 44. §. 52. Erklärung der geraden Sphäre und deren Eigenthümlichkeit.
S. 45. §. 53. Erklärung der parallelen Sphäre und ihrer Erscheinungen.
S. 46. §. 54. Vergleichung der schiefen Sphäre mit der geraden und parallelen.
S. 47. §. 55. Erklärung des Sterntags und seiner Abtheilungen.
S. 48. §. 56. Verschiedenheit des Auf- und Untergangs der Fixsterne in Bezug auf die Sternzeit.
S. 49. §. 57. Ungefähre Berechnung der Geschwindigkeit der Fixsterne bei ihrem täglichen Umschwunge.
S. 50. §. 58. Problematische Annahme einer täglichen Axendrehung der Erde, nebst Folgen derselben.
S. 51. §. 59. Die künstliche Erdkugel. Bestimmung ihres Aequators und Meridians.
S. 52. §. 60. Erklärung der geographischen Breite und ihre Bestimmung.
S 53. §. 61. Erklärung der geographischen Länge und deren Bestimmung.
S. 54. § 62. Verhalten der Polhöhe zur geographischen Breite. Methode, die Breite und Länge eines Ortes zu finden.
S. 55. §. 63. Erklärung der Declination und Rectascension der Fixsterne. Künstliche Himmelskugel.
S. 56. §. 64. Erklärung des astronomischen Tages und des bürgerlichen Tages, und deren Verhalten zu einander.

Seite 57. §. 65. Methode, die Entfernung der Sonne von der Erde zu bestimmen.
S. 59. §. 66. Erklärung der Sonnenparallaxe oder des parallactischen Winkels und der Horizontalparallaxe.
S. 60. §. 67. Parallaxe des Mondes nebst Bestimmung seines Abstandes von der Erde.
S. 60. §. 68. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes. Der Sehwinkel und dessen Anwendungen.
S. 62. §. 69. Bestimmung der wirklichen Größe des Mondes.
S. 63. §. 70. Bestimmung der Größe unserer Sonne.
S. 64. §. 71. Die Sonne ist keine leuchtende Scheibe, sondern eine Kugel.
S. 65. §. 72. Auch unser Mond ist ein kugelförmiger Körper.
S. 66. §. 73. Entstehung des Schattens von einem leuchtenden Punkte und von einer solchen Kugel.
S. 67. §. 74. Der Halbschatten, seine Entstehung u. Größe.
S. 68. §. 75. Entstehung und Art des Schattens, wenn eine leuchtende Kugel einer gleich großen dunkeln gegenübersteht.
S. 69. §. 76. Bildung der Tangente, wenn die leuchtende Kugel größer als die dunkle ist.
S. 70. §. 77. Entstehung der Gestalt der Schattenkegels und des becherförmigen Schattens.
S. 71. §. 78. Die Länge des Schattenkegels überhaupt und jenen der Erde zu berechnen.
S. 72. §. 79. Der Schattenkegel des Mondes. Seine Größe zu berechnen
S. 73. §. 80. Eigene Bewegung der Sonne durch den Fixsternhimmel.
S. 74. §. 81. Fortsetzung dieser Betrachtung. Wendekreis des Krebses.
S. 75. §. 82. Weitere Fortsetz. Wendekreis des Steinbocks.
S. 76. §. 83. Pendelartiges Hin- und Herbewegen der Sonne zwischen den beiden Wendekreisen.
S. 77. §. 84. Entstehung der verschiedenen Jahreszeiten und Tageslängen.

Seite 79. §. 85. Physischer Charakter der Jahreszeiten.
S. 79. §. 86. Eigenthümlichkeiten der geraden Sphäre in diesem Betreffe.
S. 80. §. 87. Eigenthümliches bei der parallelen Sphäre.
S. 82. §. 88. Verschiedenheit der Schatten in Bezug auf die dreifach verschiedene Lage der Sphäre.
S. 83. §. 89. Uebergang zur Lehre von den Kräften. Begriff der Kraft überhaupt.
S. 85. §. 90. Natur der Kraft. Resultate, wenn sie nur einmal und wenn sie in gleichen Pausen auf das Bewegliche wirkt.
S. 86. §. 91. Begriff der stetig wirkenden Kraft. Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung.
S. 88. §. 92. Fortsetzung dieser Lehre.
S. 89. §. 93. Anwendungen derselben auf den freien Fall der Körper.
S. 90. §. 94. Begriff der zusammengesetzten Bewegung und ihre einfachsten Fälle.
S. 91. §. 95. Das Parallelogramm der Kräfte.
S. 93. §. 96. Directer Beweis von der Axendrehung der Erde durch die Fallversuche.
S. 95. §. 97. Einwurf dagegen und dessen Widerlegung.
S. 96. §. 98. Uebergang zur Lehre von dem Pendel. Erklärung desselben. Entstehung seiner Schwingungen.
S. 98. §. 99. Wovon die Größe seiner Schwingungszeit abhänget.
S. 99. §. 100. Gebrauch des Pendels zum Zeitmaße. Bestimmung der Länge des Secundenpendels.
S. 100. §. 101. Resultate der Pendelversuche in verschiedenen Breiten.
S. 102. §. 102. Sie liefern einen zweiten directen Beweis von der Axendrehung unserer Erde.
S. 103. §. 103. Weitere Erläuterung hierüber in Bezug auf die Schwungkraft, welche aus der Rotation der Erde entsteht.

Seite 105. § 104. Erklärung des Hin- und Herschreitens der Sonne zwischen den beiden Wendekreisen aus einer allmähligen Drehung der Erdaxe. Widerlegung derselben.
S. 107. §. 105. Erklärung dieser Erscheinung durch die wirkliche Bewegung der Sonne um die Erde.
S. 108. §. 106. Fortsetzung dieser Erklärung.
S. 110. §. 107. Begriff der Ecliptik. Schiefe derselben. Pole der Ecliptik.
S. 111. §. 108. Erklärung der Jahres- und Tages-Zeiten aus einer jährlichen Umdrehung der Erde um die Sonne.
S. 112. §. 109. Ob eine Bewegung der Sonne um die Erde, oder ein jährlicher Umlauf dieser um jene wahrscheinlicher sei.
S. 113. §. 110. Uebergang zur Aberration des Lichtes. Dessen von Römer entdeckte Fortpflanzungszeit.
S. 115. §. 111. Worin die Abirrung des Lichtes bestehe. Einiges Geschichtliche hierüber.
S. 117. §. 112 Vergleichung der Geschwindigkeit des Lichtes mit jener der Erde in ihrer Bahn.
S. 118. § 113. Erklärung des Phänomens der Abirrung.
S. 120. §. 114. Andere Erklärung dieser wichtigen Erscheinung.
S. 122. §. 115. Nähere Bestimmung des Weges der Sonne durch den Fixsternhimmel.
S. 124. §. 116. Länge der Sonne. Die zwölf himmlischen Zeichen und ihre Abtheilungen.
S. 125. §. 117. Der Thierkreis. Die beiden Polarkreise an der Himmels- und Erdkugel Zonen auf der Erdkugel.
S. 127. §. 118. Gegenseitige Stellung der Erde und der Sonne im Thierkreise. Die Coluren. Länge und Breite der Fixsterne.
S. 129. §. 119. Fixsternverzeichnisse. Unveränderlichkeit der

Breite der Fixsterne. Veränderlichkeit ihrer Länge. Vorrücken der Nachtgleichen.

Seite 130. §. 120. Uebergang zu den Kräften, wodurch die Erde ihre Bahn um die Sonne beschreibt. Bewegung eines Beweglichen durch ein geradliniges Vieleck.

S. 132. §. 121. Erklärung der Ziehkraft und der Fliehkraft, der Centralkräfte, des Mittelpunkts der Kräfte, des Radiusvectors. Entstehung einer krummlinigen Bahn.

S. 133. §. 122. Allgemeines Gesetz der Centralbewegung und dessen Beweis.

S. 134. §. 123. Entstehung der kreisförmigen Bahn durch zwei Centralkräfte. Die Bewegung im Kreise ist gleichförmig

S. 136. §. 124. Aus der einmal gesetzten Fliehkraft und der stetig wirkenden Ziehkraft entsteht eine sich ins Unendliche wiederholende Kreisbewegung. Verschiedenheit der Umlaufszeit.

S. 137. §. 125. Abweichung der Bahn von dem Kreise. In jeder andern Curve ist die Bewegung eine ungleichförmige.

S. 138. §. 126 Entstehung des Kreises, der Ellipse, Parabel und Hyperbel als Kegelschnitte.

S. 140. §. 127. Graphische Construction der Ellipse, ihre große und kleine Axe, ihre Brennpunkte und Excentricität.

S. 142. §. 128. Die Bewegung in einer Ellipse ist ungleichförmig, und es gibt eine schnellste, eine langsamste und eine mittlere Bewegung in derselben.

S. 143 § 129. Verschiedenheit des Sehwinkels der Sonnenscheibe. Folgerungen daraus. Die Erdbahn ist eine Ellipse. Die Absidenlinie, Perihelium, Aphelium.

S. 145. §. 130. Physischer Grund der elliptischen Bewegung

der Erde um die Sonne. Die Anziehungskraft der Körper, als chemische, als irdische Schwerkraft, als Gravitation.

Seite 147. §. 131. Excentricität der Erdbahn. Erklärung der rotirenden und progressiven Bewegung der Erde durch einen Stoß gegen dieselbe.

S. 149. §. 132. Vergleichung des Sterntags mit dem Sonnentage. Dieser ist um 4′ größer als jener.

S. 150. §. 133. Entwickelung dieser Verschiedenheit durch die wirkliche Bewegung der Erde um die Sonne.

S. 151. §. 134. Warum die Sonnentage von ungleicher Größe sind.

S. 153. §. 135 Mittlerer Mittag. Mittlerer Sonnentag. Mittlere Sonnenzeit. Zeitgleichung.

S. 155. §. 136. Erklärung des tropischen Jahres und seine Dauer. Das Schaltjahr, der Schalttag.

S. 156. §. 137. Erklärung des syderischen Jahrs. Seine Verschiedenheit von dem tropischen Jahre. Die mittlere Bewegung der Sonne.

S. 158. §. 138. Abnahme der Schiefe der Ecliptik. Folgen davon. Periodische Zu- und Abnahme derselben. Ihre Grenzen.

S. 159. §. 139. Veränderlichkeit der Stellung des Polarsterns gegen den eigentlichen Himmelspol. Einfache Berechnungen hierüber.

S. 160. §. 140. Uebergang zur nähern Betrachtung unseres Mondes. Beobachtung des verschiedenen Lichtwechsels, welchen er zeigt.

S. 162. §. 141. Seine Bahn liegt in der Nähe der Ecliptik, deren Ebene er zweimal durchschneidet. Aus der Veränderlichkeit seines Sehwinkels kann auf seinen verschiedenen Abstand von der Erde geschlossen werden. Nähere Bestimmung seiner elliptischen Bahn. Perigäum, Apogäum, Absidenlinie.

Seite 163. §. 142. Allgemeinste Bedingungen zur Entstehung einer Sonnenfinsterniß. Warum sie nicht bei jedem Neumond eintritt. Knotenlinie. Aufsteigender und absteigender Knoten. Nähere Bedingung zur Bildung einer Sonnenfinsterniß.

S. 165. §. 143. Erklärung der periodisch wiederkehrenden Mondesphasen und deren Benennungen.

S. 167. §. 144. Entstehung der verschiedenen Zwischenphasen, der Syzigien und Quadraturen, der Conjunction und Opposition. Erklärung des aschgrauen Lichtes, welches der sichelförmige Mond zeigt.

S. 169. §. 145. Bestimmung des Monates überhaupt, des syderischen und synodischen Monats im Besondern. Ihr Zeitunterschied.

S. 171. §. 146. Erklärung des Mondjahrs. Dessen Unterschied gegen das tropische Sonnenjahr. Wichtigkeit des Cyclus von 19 Jahren. Uebereinstimmung der scheinbaren Sonnenbahn mit der Mondbahn. Wie sich die Erdphasen für den Mondbewohner darstellen.

S. 173 §. 147. Drehende Bewegung der Knotenlinie, durch Beobachtung festgestellt. Richtung dieser Bewegung. Mittlere Bewegung der Knotenpunkte. Tropische und syderische Umlaufszeit derselben. Fünffach verschiedener Monat: der syderische, tropische, synodische, draconistische und anomalistische.

S. 175. §. 148. Ansicht der Vollmondscheibe. Ringgebirge. Schatten derselben Hochländer und Niederungen. Meere der Alten. Mondkarten von Tob. Mayer, Schröter, Gruithuisen, Beer und Mädler. Abbildung einer Mondlandschaft.

S. 177. §. 149. Wie sich der Mond um die Erde bewegen

könnte, um den Erdbewohnern nach und nach seine ganze Oberfläche zu zeigen. Ob dieses wirklich so stattfinde. Wie dieses viermal bei seinem ganzen Umlaufe geschehen könnte. Wie es einmal stattfände, wenn der Mond sich um eine mit seiner Bahn und mit sich selbst stets parallel bleibenden Axe drehte; oder wenn diese Axendrehung um eine gegen diese Bahn schief geneigte, jedoch immer sich parallele Axe statt hätte. Ob irgend eine von diesen Bewegungen wirklich stattfinden könne.

Seite 178. §. 150. Wie der Mond dem Erdbewohner bei seinem Umlauf um die Erde immer nur dieselbige Hemisphäre zuwendet, wenn er an seinem Radiusvector befestigt wäre; und dann, wenn er als freischwebend die Erde umkreiset. Evidenz der Axendrehung des Mondes.

S. 180. §. 151 Der Mond dreht sich wirklich in jener Zeit einmal um seine Axe, in welcher er die Erde umkreiset. Einwurf dagegen und Beseitigung desselben.

S. 182. §. 152. Fernerer Einwurf, auf die Beobachtung der Mondflecken gegründet, und dessen Widerlegung.

S. 183. §. 153. Wir sehen nicht immer genau dieselbige Hälfte der Mondkugel. Das Schwanken. Die Libration. Die Nutation. Das Schwanken in die Breite und in die Länge.

S. 184. §. 154. Neigung der Mondesaxe gegen die Ecliptik. Neigung des Mondäquators gegen dieselbe. Gleichförmigkeit und Unendlichkeit der Axendrehung des Mondes. Physischer Grund seiner Bewegung um die Erde.

Seite 186. §. 155. Erklärung des Phänomens der Libration nach der Länge.

S. 187. §. 156. Erklärung des Schwankens des Mondes nach der Breite. Tägliche Schwankung des Mondes, als ein drittes blos scheinbares Phänomen. Viertes wirkliches Schwanken des Mondes, als Folge der Anziehungskraft von Seite der Erde.

S. 189. §. 157. Entstehung der Mondsfinsternisse. Wirkung des Halbschattens und des Kernschattens, welchen der Erdkörper veranlaßt. Entstehung der totalen und partialen Mondsfinsternisse. — Kugelgestalt der Erde, aus dem kreisförmig begrenzten Schatten auf der Mondscheibe abgeleitet.

S. 191. §. 158. Berechnung des Durchmessers des Schattenkegels der Erde, in der Entfernung des Mondes von derselben. Folgerungen hieraus. Centrale Mondsfinsterniß.

S. 192. §. 159. Andere Ableitung zur Bestimmung des Halbmessers dieses Schattenkegels der Erde. Dessen Uebereinstimmung im Werthe mit dem früher gefundenen.

S. 193. §. 160. Bestimmung des Winkels, welchen zwei aus dem Mittelpunkte der Erde nach dem Mittelpunkte des Mondes und nach jenem des Erdschattenkegels bilden. Maß der Größe der Mondsfinsterniß nach Zollen und Minuten.

S. 194. §. 161. Allmähliges Fortrücken der Vollmonde durch den ganzen Thierkreis und deren Rückkehr zur nämlichen Stelle nach 18 Jahren 11 Tagen. Cyclus der Mondsfinsternisse. Längenbestimmung der Beobachtungsorte durch Hülfe des beobachteten Anfangs oder Endes der Mondsfinsternisse.

Seite 196. §. 162 Größe des Jahrs und Tages des Mondes. Aufgang, Culmination und Untergang der Sonne für einen Ort auf dem Monde. Abwechslung der Jahreszeiten auf dem Monde.

S. 198. §. 163. Wie man vom Monde aus die Erdphasen wahrnehmen müßte. Folgen der Libration des Mondes in Bezug auf den Anblick der Erde.

S. 199. §. 164. Wie der Mondrand durch gute Fernröhre erscheint. Bestimmung der Höhe der Mondsberge durch Hülfe des Sehwinkels, worunter sie erscheinen. Beispiel. Messung dieser Höhe durch Hülfe des Schattens, welchen sie bilden.

S. 201. §. 165. Weitere Methode, die Höhe der Mondsberge zu messen. Resultate, welche schon Hevel gefunden hatte. Resultate Schröters. Verhältniß der die Crater dieser Mondsberge umgebenden Massen zu den Vertiefungen jener. Vulcanische Eruptionen.

S. 203. §. 166. Ob der Mond eine Atmosphäre habe. Aeußerungen von Dr. Gruithuisen hierüber.

S. 205. § 167. Erscheinung der Mondesbahn von der Sonne aus gesehen, in Vergleichung mit der elliptischen Erdbahn.

S. 207. §. 168. Erklärung des Entstehens der Sonnenfinsternisse. Methode ihren Anfang, ihr Mittel und ihr Ende zu bestimmen.

S. 209. §. 169. Weitere anschauliche Erläuterung über die Sonnenfinsternisse. Totale Sonnenfinsternisse mit Dauer. Ringförmige Sonnenfinsternisse.

S. 210. §. 170. Wechselverhältnisse zwischen Sonnen- und Mondsfinsternisse.

Seite 213. §. 171. Uebersicht der totalen Mondsfinsternisse von 1844 bis 1899, welche in Europa sichtbar sind; ebenso der bedeutendsten Sonnenfinsternisse in dieser Zwischenzeit.

S. 214. §. 172. Die höchste Zahl der Sonnen- und Mondsfinsternisse in einem Jahre beträgt sieben. In jedem Jahre müssen mindestens zwei S. F. stattfinden. Wenn zwei centrale S F. eintreten, kann keine M. F. statthaben.

S. 216. §. 173. Historische Nachrichten über bedeutende Sonnenfinsternisse in älteren Zeiten. Phänomene, welche dieselben bisweilen begleiten.

S. 218. § 174. Fixsternbedeckungen durch den Mond. Centrale Bedeckungen. Anwendung dieser Beobachtungen zur Bestimmung der Länge der Erdorte. Welche Fixsterne nicht vom Monde bedeckt werden können. Himmelszone, worin diese Bedeckung allein möglich ist.

Die Elementarlehren der Astronomie.

§. 1.

Wenn eine kleine Bleikugel an einem etwa vier Fuß langen feinen Faden befestigt und dieser Faden irgendwo an seinem anderen Ende aufgehängt wird, so lehrt die bekannte Erfahrung, daß sie, sanft angestoßen, in Schwingungen geräth. Diese Vibrationen werden nach und nach kleiner und bald erscheint die Kugel und der Faden in Ruhe. Wird nun dieser, nahe an dem Aufhängpunkte, mit einer Scheere so durchschnitten, daß keine Seitenbewegung desselben stattfindet, so fällt die Kugel nach der verlängerten Richtung des Fadens herab. Da dieses Fallen eine Wirkung ist; jede Wirkung aber eine Ursache voraussetzt, wodurch sie entsteht, so hat man den Grund des Fallens die Schwerkraft genennt. Die Richtung des gespannten Fadens, wenn die Kugel an ihm ruhet, und die Richtung ihres geradlinigen Herabfallens heißt eine senkrechte oder lothrechte Linie, oder auch die Richtung der Schwere.

§. 2.

Ganz auf ähnliche Weise verhält es sich mit jedem andern festen Körper, welcher entweder an

einem Faden aufgehängt oder seiner Unterstützung so beraubt wird, daß hierbei keine seitwärts auf ihn einwirkende Kraft stattfindet Im ersten Falle werden die in der Ruhe beharrenden gespannten Fäden, im letzten dagegen ihre Fallbahnen solche senkrechte oder lothrechte Linien darstellen.

§. 3.

Ferner lehrt hierbei die Erfahrung, daß jene gespannten Fäden, an welchen sich die gehörig aufgehängten Kugeln in Ruhe befinden, keine Neigung gegen einander, sondern überall gleichen Abstand von einander haben. Es seien z. B. ab und cd (Fig. 1.) zwei solcher lothrechten Linien, so werden ihre Abstände mn, pq, rs, welche durch gerade Linien gemessen werden, die bei m und n, bei p und q, bei r und s rechte Winkel bilden, einander gleich seyn.

§. 4.

Eine Ebene, auf welcher eine senkrechte Linie (§. 1. — §. 3.) lothrecht steht, heißt eine wagrechte oder horizontale Ebene. Es steht aber eine gerade Linie auf einer Ebene lothrecht, wenn sie mit allen andern geraden Linien, welche aus ihrem Fußpunkte in dieser Ebene gezogen werden, ebenfalls rechte Winkel bildet. Wenn z. B. ABCD (Fig. 2., a.) irgend eine Ebene und EF eine lothrechte gerade Linie vorstellt, welche mit den aus F in dieser Ebene willkührlich gezogenen geraden FG, FH, FI, FK u. s. f. rechte Winkel macht, so ist diese Ebene ABCD eine Horizontalebene. Jede in der horizontalen Ebene nach Belieben gezogene gerade Linie wie z. B. LM, oder jede in ihr liegende krumme Linie, wie NOP, ist eine Horizontallinie oder eine wagrechte Linie.

§. 5.

Wenn eine Ebene gegen die Horizontalebene geneigt ist, so wird sie eine schiefe oder geneigte Ebene genennt, und jede in ihr gezogene gerade Linie heißt nunmehr eine schiefe oder geneigte Linie. Wenn (Fig. 3.) **ABCD** eine Horizontalebene vorstellt, so ist die Ebene **EFGH** eine schiefe Ebene und der Winkel **IKL**, welcher von der aus dem willkührlichen Punkt **K** auf **HG** in der Ebene **EFGH** lothrecht gezogenen geraden **KI** und von der ebenso aus **K** auf **HG** in der Ebene **HBCG** senkrecht gezogenen **KL** gebildet wird, heißt der Neigungswinkel beider Ebenen. Es ist nämlich klar, daß die Ebene **EFGH** eben so gegen die Ebene **BHGC** geneigt ist, wie diese letztere gegen jene. Die gerade **IK** ist eine auf **ABCD**, und die gerade **LK** ist eine auf **EFGH** schiefstehende Linie.

§. 6.

Wer sich irgendwo auf dem freien Felde befindet und den Blick ringsumher wendet, bis die entfernten Gebirge ihn begränzen, der glaubt, er stehe in dem Mittelpunkt eines Kreises, dessen Umfang jene Gesichtsgrenze bildet. Je größer die Ebene ist, welche ihn umgibt, desto deutlicher tritt ihm diese kreisförmige Begrenzung entgegen, und den Seefahrern, welchen auf offnem Meere nichts als der Himmel und die Wasserfläche sichtbar wird, erscheint diese Gesichtsgrenze als ein vollkommener Kreis. Man nennt ihn den Gesichtskreis oder Horizont. Da wir nämlich bei den so sehr entfernten Gegenständen, welche hier die letzte Grenze bilden, in der größern oder geringern Deutlichkeit ihres Anblicks keinen Grund ihres kleinern oder größern Abstandes von uns finden, indem die bekannte Erfahrung lehrt, daß uns (in der Regel) das Nähere

klarer erscheint, als das Entferntere, so scheint auch einer derselben so entfernt wie der andere von uns, und es muß somit eine kreisförmige Begrenzung unseres Gesichtsfeldes entstehen, in deren Mittelpunkt wir uns befinden.

§. 7.

Auf diesem Gesichtskreise oder Horizonte stehen alle lothrechte Linien (§. 1.—§. 3.) ebenfalls senkrecht. Denn wenn man eine physische Ebene **ABCD** (Fig. 2.) z. B. von Holz so vorrichtet, daß **EF**, als Richtung der Schwere, auf ihr senkrecht steht, so erscheinen alle Linien, wie **FG, FH, FI, FK** u. s. f. als Radien dieses Gesichtskreises, und alle freifallende Körper bewegen sich in dieser lothrechten (verticalen) Richtung gegen denselben. Denkt man sich von dem Fußpunkte, womit wir den Horizont berühren, eine lothrechte Linie auf denselben errichtet und aufwärts bis zum Himmel verlängert, so wird ein Punkt dieser unbestimmt großen Linie unser Scheitelpunkt oder das Zenith genennt.

§. 8.

Blickt man über den Horizont nach was immer für Richtungen aufwärts gegen Himmel, so erscheint dieser unter der Gestalt einer Halbkugel, in deren Mittelpunkt wir uns befinden. Indessen nehmen wir diese hohle Halbkugel nicht als eine vollkommen kugelförmig gestaltete, sondern als eine solche Höhlung wahr, deren lothrechter Halbmesser (vom Fußpunkte zum Scheitelpunkt) viel kleiner als ihr wagrechter (im Horizont liegender) ist; so, daß sich ihre Grenze immer mehr und mehr von uns zu entfernen scheint, je mehr wir unsern Blick vom Scheitelpunkte nach dem Gesichtskreise hin herabsenken. Die Optik gibt eine befriedigende Erklärung dieses Anblikes, welchem gemäß die Worte: Him-

melskugel, Himmelsgewölbe und ähnliche entstanden sind. Denn wenn (Fig. 2., b.) die av eine Horizontallinie (§. 4.) darstellt und b, c, d, e u. s. f. nach derselbigen Gegend hin beliebig gedachte Punkte des Himmels sind, so werden ihre Abstände vom Horizonte, bm, cm, do u. s. f. dem Auge in a unter den stets kleiner werdenden Sehwinkeln bav, cav, dav erscheinen, wodurch diese Punkte selbst dem Horizonte av immer näher zu rücken und hierdurch eine krumme Linie zu bilden scheinen. Da eben dieses von allen andern ringsumher liegenden Punkten (welche den eben bemerkten entsprechend sind) auf gleiche Weise gilt, so muß der sichtbare Theil des Himmels als Hohlfläche erscheinen. — Weil aber die Entfernung irdischer Gegenstände von uns oft durch die Menge der Zwischenobjekte bemessen wird, so scheint uns der Zenithpunkt näher als ein im Horizonte liegender Grenzpunkt, weil hier so sehr viele Gegenstände dazwischen liegen. (Vergl. §. 68.)

§. 9.

An diesem Himmelsgewölbe erblicken wir nun während des Tages sehr häufig die Sonne in Gestalt einer mit blendendem Lichte glänzenden Scheibe und nicht selten (bei sehr reiner Luft und wolkenlosem Himmel) den Mond mit mattem Silberscheine; des Nachts aber sehr oft eine große Menge mehr oder minder funkelnder Sterne. Sonne, Mond und Sterne bilden somit das bekannteste Trias der Himmelskörper; ein Trias, welches dem Scharfsinne des Menschen unerschöpflichen Stoff zum ernstesten Nachdenken, zu den schwierigsten Forschungen darbietet. Die nähere Kenntniß dieser Körper, in Bezug auf ihre Größen und Gestalten, auf ihre Entfernungen und Bewegungen, auf die Gesetze und Ursachen dieser Bewegungen und auf ihre physischen Eigenschaften, bildet den Gegenstand der Astronomie,

einer so schwierigen als anziehenden Wissenschaft. Ihre Elementarlehren auf recht faßliche Art darzustellen, ist der Zweck gegenwärtiger Schrift.

§. 10.

Diese Sterne, welche wir an dem nächtlichen Himmel mit freiem Auge wahrnehmen, sind entweder Firsterne, oder Planeten, oder Cometen, und können auf folgende Weise erkannt und von einander unterschieden werden.

Firsterne heißen jene, in zahlloser Menge vorhandene, mit mehr oder weniger funkelndem Lichte glänzende Sterne, welche unter sich stets die nämlichen Gruppen bilden und durch die besten Fernröhre nicht vergrößert werden, sondern nur als untheilbare Lichtpunkte erscheinen.

Die Planeten (sonst auch Irrsterne genennt) zeichnen sich durch ihr matteres (in der Regel) nicht funkelndes Licht und auch dadurch von den Firsternen aus, daß sie unter diesen Firsternen fortrücken und dem durch optische Werkzeuge verstärkten Auge als kleinere und größere Scheibchen erscheinen. Endlich ist ihre Anzahl nicht bedeutend. Mehrere derselben sind von Monden umgeben.

Unter Cometen versteht man jene Himmelskörper, welche nicht mit lebhaftem Lichtglanze, auch nicht als Scheibchen dem bewaffneten Auge erscheinen, sondern bald mit einem Lichtnebel umflossen, bald mit einem sogenannten Schweife, d. h. mit einem mattschimmernden Streifen versehen sind, der sich bisweilen weit von ihnen weg erstreckt. Auch werden sie dem freien Auge nur selten sichtbar.

§. 11.

Wer sich bei der Morgendämmerung im Freien befindet und in seinem Horizonte ringsumher blickt, wird bald jene Stelle wahrnehmen, an welcher sich

die Sonne allmählig über die entfernten Gebirge u. dgl. erhebt, d. h. er wird den Sonnenaufgang beobachten. Jene Gegend des Gesichtskreises, wo dieses stattfindet, heißt die östliche Gegend des Himmels. Wenn nun die Sonne des Abends immer tiefer herabsinkt und sich endlich wieder unter den Horizont verbirgt, d. h. wenn sie untergeht, so wird diese Gegend des Himmels die westliche genennt. Bemerkt man aber genau jenen Ort des Aufgangs, etwa durch eine nach dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe gerichtete, feststehende Röhre, welche mit einer durch Lampenruß dünn bedeckten ebenen Glasscheibe versehen ist, so lehrt die Erfahrung, daß dieser Aufgang nach mehreren Tagen zur Rechten oder zur Linken dieses also gerichteten Sehrohrs stattfindet. Die das ganze Jahr hindurch fortgesetzten Beobachtungen zeigen nun, daß dieses Fortschreiten zur Rechten oder zur Linken eine gewisse Grenze erreicht, innerhalb welcher der Aufgangsort der Sonne sich von einem halben Jahre zum andern von der entferntesten Stelle rechts zur entferntesten links und dann wieder von dieser zu jener am Horizonte sichtbar macht.

§. 12.

Wenn O (Fig. 4.) den Ort des Beobachters im Horizonte ACBD, und A die östliche Gegend des Himmels vorstellt, so ist, wenn die gerade Linie AOB gezogen wird, bei B die westliche Gegend. Zieht man nun durch O die auf AB senkrecht stehende gerade DOC, so nennt man die bei C, zur Rechten von A liegende Himmelsgegend die südliche und die bei D, zur Linken von A liegende die nördliche Gegend. Diese vier Himmelsgegenden können auch durch Hülfe einer guten Magnetnadel (oder Boussole) leicht aufgefunden werden. Die magnetisirte, auf der in ihrer Mitte C ange-

brachten Spitze leicht bewegliche Nadel NS (Fig. 5.) zeigt, wenn sie in vollkommener Ruhe ist, mit dem Ende bei N nach der nördlichen und mit S nach der südlichen Gegend des Himmels. Wird nun durch C auf NS die senkrechte Linie WO gezogen, so erscheint nach CO die östliche und nach CW die westliche Himmelsgegend. — Eine genauere Bestimmung des eigentlichen Ost-, Süd-, West- und Nord-Punktes folgt weiter unten.

§. 13.

Die in der östlichen Gegend (§. 12.) aufgehende Sonne steigt allmählig höher über den Horizont (§. 6.) empor. Diese Sonnenhöhe wird durch einen Winkel gemessen, welchen man Höhenwinkel nennt und dessen Entstehung folgende ist. Man denke sich einen Kreis, der durch den Scheitelpunkt (§. 7.) des Beobachters und durch den Mittelpunkt der Sonnenscheibe geht, so wird seine Ebene auf dem Gesichtskreise (§. 6.) lothrecht stehen und ein Bogen desselben zwischen diesem Mittelpunkte und dem Horizonte sich befinden. Betrachtet man nun in Gedanken eine gerade Linie, welche vom Auge des Beobachters nach dem Centrum der Sonnenscheibe und eine zweite von eben diesem Auge nach jener Stelle des Horizontes gerichtet ist, in welcher dieser von dem bemerkten Verticalkreise geschnitten wird, so bilden diese beiden Linien im Auge einen Winkel, welcher der zu findende Höhenwinkel ist. Sein Maß wird durch jenen Bogen des Verticalkreises bestimmt, welcher zwischen dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe und dem Gesichtskreise enthalten ist, und in Graden (°) Minuten (′) und Secunden (″) angegeben.

§. 14.

Man denke sich (Fig. 6.) einen Viertelskreis (Quadranten) ACB, dessen Bogen von A nach B

in Grade und Minuten getheilt und so gestellt ist, daß AC eine wagrechte und CB eine lothrechte Richtung hat. Um seinen Mittelpunkt C ist ein Fernrohr CD so drehbar, daß es in jeder schiefen Lage eine feste Stellung behauptet. Wenn nun das Auge in D durch die Gesichtslinie DC den Mittelpunkt M der Sonnenscheibe erblickt, so ist, da sich die Linie CE im Horizonte befindet, der Winkel MCE der Sonnenhöhe gleich (§. 13.). Da aber ACD, als Scheitelwinkel, dem Winkel MCE gleich ist, so bestimmen die zwischen A und D liegenden Grade und Minuten (bei feinern Messungen auch noch die Secunden) die Höhe der Sonne über dem Horizonte. — Die über C verlängerte BC führt an dem Himmel zum Zenithpunkte Z und da der Winkel MCZ dem Winkel DCB gleich ist, so stellt dieser letzte den Zenithabstand der Sonne vor. Ebenso ist klar, daß beide Winkel (MCE und MCZ) zusammen immer 90° betragen, und daß man den einen leicht finden kann, wenn der andere bekannt ist.

§. 15.

Wenn man diese Sonnenhöhen (§. 14.) an einem heitern Vormittage fortwährend beobachtet, so zeigt es sich, daß sie allmählig größer werden, was auch schon durch das Betrachten mit dem freien Auge wahrgenommen wird. Einmal im Tage ist aber der Höhenwinkel unsrer Sonne am größten. Dieser höchste Stand derselben bestimmt den Augenblick des Mittags und unmittelbar nach demselben vermindert sich die Sonnenhöhe wieder, bis sie am Abende bei ihrem Untergang auf Null herabsinkt. Auch nennt man diesen höchsten Stand der Sonne ihren Culminationspunkt und sagt, sie culminire in diesem Punkte und bestimme hierdurch diesen wahren Mittag.

§. 16.

Nun denke man sich in dem Augenblicke des Mittags (§. 15.) einen größten Kreis, welcher sowohl durch den Scheitelpunkt (§. 7.) des Beobachters als durch den Mittelpunkt der Sonnenscheibe geht und darum ein größter genennt wird, weil die Himmelskugel (§. 8.) in Gedanken durch ihren Mittelpunkt (§. 6.) geschnitten wird, so steht dessen Ebene auf dem Horizonte senkrecht. Denn da die Linie vom Scheitelpunkte zum Fußpunkte auf dem Gesichtskreise lothrecht ist (§. 7.), so muß auch jede Ebene, in welcher sich diese Linie befindet, auf demselben senkrecht stehen. Es durchschneidet aber auch jener größte durch den Mittelpunkt der Sonnenscheibe gehende Kreis die Ebene des Horizontes in einer geraden Linie, welche, da sie im Horizonte liegt, eine Horizontallinie (§. 4.) ist. Diese Linie heißt die Mittagslinie und ist eine der wichtigsten in der Astronomie.

§. 17.

Diese Mittagslinie (§. 16.) bestimmt zunächst die sogenannten vier Himmelsgegenden mit großer Genauigkeit. Wenn SN (Fig. 7.) die Mittagslinie ist und man erblickt von C aus das Centrum der Sonne um Mittag nach der Gegend CS hin, so ist S der wahre Südpunkt und N der Nordpunkt des Horizontes SONW. Errichtet man durch C auf NS die senkrechte Linie OCW, so bezeichnet O (zur Linken von S) den wahren Ostpunkt und W (zur Rechten von S) den wahren Westpunkt des Gesichtskreises. Wird jeder der vier unter sich gleichen Winkel OCS, SCW, WCN, NCO durch die geraden Linien CA, CB, CD, CE halbirt, so heißt die nach CA liegende Himmelsgegend die südöstliche, die nach CB die südwestliche, die nach

CD die nordwestliche und die nach CE die nordöstliche.

§. 18.

Die Mittagslinie kann auf folgende Art wirklich sichtbar gemacht und auf irgend einer wagrechten Ebene verzeichnet werden. Es sei AB (Fig. 8.) der Horizont, auf welchem sich in n ein undurchsichtiger Körper mn befindet, so wird derselbe, wenn der Mittelpunkt der Sonne in C steht, (wegen der geradlinigen Verbreitung des Lichtes) den Schatten nq; wenn jener in D erscheint, den Schatten np, und wenn die Sonne in E am höchsten steht, den Schatten no bilden, welcher der kleinste von allen ist. Da nun die Sonne im Augenblicke des Mittags am höchsten steht (§. 15.), so werden auch die Schatten der Erdkörper dann für diesen Tag am kürzesten seyn.

Auf einer gehörig befestigten wagrechten Ebene z. B. von Metall oder festem Holze sei in C (Fig. 9.) ein dünner Stift von Metall (etwa eine Stricknadel von 6 Zoll in der Länge) genau lothrecht errichtet und aus dessen Fußpunkt C seien mehrere Kreisbogen mit verschiedenen Halbmessern Ca, Cm, Cp beschrieben. Beobachtet man nun am Vormittage (wenn die Sonne scheint) etwa von 9 bis 11 Uhr die Grenze des Schattens, welchen dieser Stift erzeugt, bis diese genau in den Punkten d, n und q dieser Umkreise eintrifft, und des Nachmittags von 1 bis 3 Uhr eben so, bis die Schattengrenze in den Punkten a, m und p dieser Peripherien sichtbar wird, so können die geraden Linien ad, mn, pq gezogen werden. Halbirt man nun dieselben in o, t und v, und zieht die gerade CotvH, so ist CH die Mittagslinie. Die Verlängerung von HC über C ist nach Süden, und von CH über H nach Norden gerichtet.

§. 19.

Hieraus ist nun auch klar, daß an jedem Tage, zur Zeit des wahren Mittags (§. 15.), der Schatten des in C befindlichen lothrecht stehenden Stiftes in diese gerade Linie CH fallen müsse. Wenn nun auch gerade zur Zeit, wenn der Schatten dieses Stiftes genau in die Linie CH fällt, auf irgend einer andern wagrechten Ebene ein Stift lothrecht errichtet ist, so bildet der Schatten dieses letztern ebenfalls die Mittagslinie, welche hierdurch leicht auf eine sichtbare Art bleibend gemacht werden kann. Die Wirkung unserer Sonnenuhren beruht eben darauf, daß ihr Zeiger um 12 Uhr des Mittags einen Schatten erzeugt, welcher genau in die gezogene Mittagslinie fällt.

§. 20.

Wenn man die Schattenlänge genau untersucht, welche ein auf der wagrechten Ebene lothrecht stehender Stift zu verschiedenen Zeiten des Jahres in dem Augenblicke erzeugt, wenn es genau Mittag (§. 15.) ist, so wird dieselbe bald größer, bald kleiner befunden. Im Winter (gegen die Hälfte des Dezembers) sind diese Schatten am längsten; im Sommer (gegen die Hälfte des Junius) sind sie am kürzesten und zweimal im Jahre (gegen die Hälfte des März und Septembers) zeigen sie sich von gleicher mittlerer Länge. Die Sonne steht demnach im ersten Fall am tiefsten zur Mittagszeit, im zweiten am höchsten zu dieser Zeit, und im letzten Falle hat sie zweimal eine mittlere Höhe, wenn sie culminirt. Woher dieses komme, wird sich weiter unten ergeben.

§. 21.

Wer bei heiterem Wetter seinen Blick nach der nördlichen Gegend (§. 17.) des nächtlichen Sternen-

himmels wendet, wird sehr bald eine Gruppe von sieben Fixsternen (§. 10.) wahrnehmen, welche die Figur abcdefg (Fig. 10.) bilden. Man nennt sie den großen Bären oder auch den Himmelswagen, wobei die Sterne a, b, c, d die vier Räder, und e, f, g die gekrümmte Deichsel vorstellen. Da dieses Sternbild (so heißt man nämlich eine zusammengehörige Gruppe von Fixsternen, welche, mit irgend einer Zeichnung umgeben, als ein Ganzes betrachtet werden) in mehrfacher Rücksicht interessant ist, so hat man schon seit sehr alten Zeiten her jedem dieser sieben Hauptsterne einen besonderen Namen gegeben. Der Stern a heißt Dubhe, b heißt Mirac, c Phad, d Megrez, e Alioth, f Mizar und g wird Benetnasch genennt. Ueber dem Sterne Mizar (wenn man sich eine gerade Linie ge als Grundlinie des Dreiecks gef denkt) und ganz nahe bei ihm befindet sich ein bei klarer Luft dem freien Auge wahrnehmbares Sternchen, welches der Reuter oder Alcor heißt. Da man die Fixsterne nach ihrer Lichtesstärke in Sterne der ersten, zweiten, dritten u. s. w. Größe eintheilt, so sind hiernach die Sterne a, b, c, e, f und g von der zweiten und d ist von der dritten Größe. Wer einmal die Lage dieser sieben Sterne, nach der Gruppe, welche sie bilden, gehörig aufgefaßt hat, der wird sodann den großen Bären in jeder Stellung (bald höher über dem Gesichtskreis, bald tiefer stehend) sehr leicht aufzufinden im Stande seyn.

§. 22.

Wird die gerade Linie von b über a in Gedanken am Himmel verlängert, so trifft der Blick auf einen Stern der zweiten Größe in h. Hier gewahrt man sehr bald eine Sterngruppe hiklmno, welche eine Figur im Kleinen bildet, wie der große Bär dieselbe im Größern dargestellt hatte und nur

in der Lage von letzterm verschieden ist. Dieses Sternbild heißt deßhalb der kleine Bär und der äußerste Stern h in seinem Schwanze (ein Stern zweiter Größe) wird der Polarstern oder auch Cynosura genennt. Der Stern m, Cochab, ist auch von der zweiten Größe, n von der dritten und die übrigen vier sind von der fünften Größe.

§. 23.

Beobachtet man die sieben Sterne des großen Bären (§. 21.) auch nur eine halbe Stunde lang mit freiem Auge, so zeigt sich schon jetzt eine fortschreitende Bewegung derselben. Setzt man die Beobachtung längere Zeit fort, so beschreibt jeder von ihnen, mit Beibehaltung seiner Lage gegen die übrigen, einen Kreis am Himmel, dessen Mittelpunkt, wie die noch nicht sehr scharf bestimmte Anschauung lehrt, sehr nahe bei dem Polarsterne (§. 22.) zu seyn scheint. Eben dieses nimmt man an den Sternen i, k, l, m, n, o des kleinen Bären wahr und zwar so, daß die von dem Polarsterne h entfernter stehenden m und n größere Kreise zu durchlaufen scheinen, als die ihm näherstehenden l und o. Dasselbige zeigt sich an b und c im großen Bären in Bezug auf a und d, indem jene ebenfalls größere Kreise um jenen Punkt beschreiben, als diese. Außerdem bemerkt man, daß die gemeinschaftliche Umdrehung dieser sämmtlichen Sterne um denselben mit der größten Gleichförmigkeit, d. h. so stattfindet, daß jeder von ihnen in gleichen Zeiten auch genau gleiche Bogen seines Kreises zurücklegt, so wie auch diese ganzen Kreise von allen genau innerhalb 24 Stunden vollendet werden.

§. 24.

Wird irgend ein anderer dem freien, oder durch

ein Fernrohr verstärkten Auge deutlich bemerkbarer Fixstern auf gleiche Weise beobachtet, so scheint auch dieser mit gleichförmiger Bewegung um den sehr nahe bei dem Polarsterne befindlichen Punkt in 24 Stunden einen Kreis zu beschreiben. Der ganze sichtbare Fixsternhimmel stellt demnach die sehr merkwürdige Erscheinung dar, daß alle diese Sterne sich innerhalb der bemerkten Zeit gleichförmig und kreisförmig um jenen scheinbar feststehenden Punkt drehen. Daher hat dieser Himmelspunkt den Namen Pol (d. h. Drehpunkt, (vom Griechischen: *πωλεῖν*, drehen) erhalten.

§, 25.

Ein blos gedachter Kreis, welcher durch den Scheitelpunkt des Beobachters und durch dessen Mittagslinie (§. 16.) geführt, und somit auf dem Horizonte senkrecht steht (§. 16.), wird der Meridian oder Mittagskreis genennt. Denn wenn sich die Sonne bei ihrem allmähligen höhern Erheben über den Horizont mit dem Mittelpunkte ihrer Scheibe genau in demselben befindet, so hat der wahre Mittag (§. 15.) statt. Wäre (Fig. 11.) **HR** die Mittagslinie, **Z** das Zenith des in **N** stehenden Beobachters, und **S** der Mittelpunkt der Sonnenscheibe, so würde ein durch die Punkte **HRS** und **Z** gehender Halbkreis der diesem Beobachter entsprechende Mittagskreis oder Meridian seyn. Denkt man sich nun, es sei in der Ebene dieses Kreises ein Fernrohr **AND** um den festen Punkt **N** drehbar, so würde das Auge in **A**, nach der Richtung **AND** das Centrum der Sonnenscheibe oder **S** erblicken. Würde dieses Sehrohr aber weiter umgedreht; so, daß seine Richtung einmal **ENG** und der Winkel **GNH** etwa 50° beträgt, so erblickte man nahe bei der verlängerten Gesichtslinie **ENG** den Polarstern in **P**. (§. 24.) Da nun der eigentliche

Pol, als Drehpunkt des Firsternhimmels (§. 24.), den genauen Beobachtungen zufolge, sich (für unsere Lage) da befindet, wo diese Gesichtslinie ENG bei P am Himmel eintrifft, so hat man ihm mit vollem Rechte den Namen: Nordpol gegeben. Auch heißt derselbe der arctische Pol (von ἄρκτος, Bär). Dieser Höhenwinkel PNH, welcher bestimmt wird durch die Gesichtslinie NP und die in der Meridianebene ZPH liegende Horizontallinie NH, wird die Polhöhe genennt. Sie beträgt bei uns sehr nahe 50°. Daher bildet der Zenithabstand (§. 14.) ZNP einen Winkel von 40°.

§. 26.

Nach diesen Vorbereitungslehren (§. 1.—§. 25.) wenden wir den Blick unserm Wohnsitze, der Erde zu. Wer von seinem Aufenthaltsorte eine weite Reise nach irgend einer Himmelsgegend unternimmt, dem treten überall festes Land und Gewässer, hohe Gebirge, tiefe Thäler oder weithin ausgedehnte Ebenen in so großer Mannigfaltigkeit und mit einer so scheinbaren Unregelmäßigkeit entgegen, daß er nicht im Stande ist, über die wahre Gestalt des Erdkörpers ein entscheidendes Urtheil zu fällen. Auf der Spitze hoher Berge ist der Gesichtskreis nur ein erweiterter und man erblickt rings um sich her eine noch größere Menge von entfernten Gebirgen, Städten u. dgl. als in der Tiefe. Betritt man indessen jene fernliegenden Berge ebenfalls, so wiederholt sich im Wesentlichsten derselbige Anblick. Daher kann auf solche Weise die eigentliche Figur der Erde nicht erkannt werden. Es darf uns daher nicht wundern, wenn man ihr in sehr alten Zeiten bald die Gestalt einer sehr großen runden, mit Berg und Thal übersäeten Ebene, bald die einer Schüssel, eines im Weltoceane schwimmenden Bootes, einer Pyramide, eines Würfels oder einer Walze u. dgl.

zugedacht hatte. Indessen erkannten in späteren Zeiten aufgeklärte Männer, wie z. B. Anaximander, Pythagoras, Thales u. A., daß ihre Form wohl eine kugelähnliche seyn muß.

§. 27.

Ueberzeugende Beweise von dieser kugelförmigen Gestalt der Erde, (welche hier schon vollkommen verstanden werden können) sind die folgenden:

a) Ist die Erde bereits öfter nach mehreren Richtungen hin und z. B. von Westen nach Osten wirklich umschifft worden, d. h. die Seefahrer sind nach dieser Richtung, mit kleinern Abweichungen, welche die Lage der Küstenländer, Inseln u. dgl. nöthig machten, abgefahren, haben diese Richtung auf ähnliche Art immer fortgesetzt und sind, ohne auf ihrem fernern Wege umzukehren, wieder an dem Orte ihrer Abreise eingetroffen. Solche Reisen sind von dem Portugiesen Ferdinand Magellan (i. J. 1519 bis 1522), von den Engländern Franz Drake (i. J. 1577 bis 1580), Georg Anson (i. J. 1740 bis 1744), von dem Franzosen Bougainville (i. J. 1766 bis 1769), dann später von James Cook (i. J. 1776 bis 1780, welche ihm aber 1779 das Leben gekostet hatte), von dem Deutschen Otto v. Kotzebue (i. J. 1815 bis 1818) und dann späterhin zum zweitenmale glücklich ausgeführt worden.

§. 28.

b) Wenn ein Schiff vom Gestade des Meeres absegelt und sich allmählig mehr und mehr von demselben entfernt, so lehrt die bekannte Erfahrung, daß dem Auge der ihm nachblickenden Beobachter zuerst dessen unteren Theile entzogen werden und dann nach und nach erst die obern Theile, bis endlich auch die Spitzen der Maste verschwinden. Wäre

nun (Fig. 12.) die Oberfläche des Meeres ABMC eine Ebene, so müßte das Schiff E in jedem Punkte B, M, C u. s. w., wenn diese auch sehr entfernt von ihm wären, nach seiner ganzen Ausdehnung durch Fernröhre wahrgenommen werden. Man erblickt aber in N durch die in dem Horizonte DNE liegende Gesichtslinie NE nicht mehr dessen untern Theil, sondern nur die Masten von E nach S. In noch größerer Ferne wird im Punkte G nach der im Gesichtskreise FGH liegenden Horizontallinie GH durchaus nichts mehr von diesem Schiffe gesehen. Es muß also der Punkt N unter der Horizontallinie ABMC liegen und der Ort G muß sich noch tiefer unterhalb derselben befinden.

Weil nun, wie die auf großen Reisen gemachten Beobachtungen gelehrt haben, ein gar sehr großer Theil der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt ist und dieses Wasser (da sich über demselben kein festes Land mehr befindet) offenbar die Gestalt ihrer Oberfläche theilweis bestimmt; auch dieselbigen Wahrnehmungen sich auf allen Meeren vollkommen eben so zeigen, so geht auch daraus unzweideutig hervor, daß die Erdoberfläche eine gekrümmte ist.

§. 29.

c) Man habe an drei Orten auf der Erde, welche so gelegen sind, daß sich der erste gegen den zweiten bedeutend ostwärts, der dritte gegen denselben bedeutend westwärts befindet, drei genau zusammenstimmende Uhren, und es zeige sich an dem zweiten Orte die Sonne um 12 Uhr, d. h. wenn der Zeiger dieser Uhr genau auf 12 weiset, im Meridian, so wird sie an dem ersten Orte bereits seit geraumer Zeit durch den Mittagskreis gegangen seyn, d. h. die Sonne wird daselbst schon weit früher culminiren, als die dortige Uhr auf 12 deutet. Je weiter östlich dieser Beobachtungsort liegt, desto

früher wird diese Culmination stattfinden. An dem dritten Orte dagegen wird die Sonne erst dann den Mittag bilden, wenn die hier befindliche Uhr schon weit über 12 vorgerückt ist. Diese Verspätung des eintretenden Mittags beträgt, den Erfahrungen gemäß, immer mehr und mehr, je weiter der Beobachtungsort gegen Westen liegt. Es muß demnach auch die Sonne den östlich gelegenen Ländern um eben so viel früher, und den westlichen um eben so viel später auf- und untergehen, wie dieses die wirkliche Beobachtung dieses Auf- und Untergangs lehrt. Bildete die Erdoberfläche eine Ebene, so müßte die Sonne allen diesen Orten zugleich auf- und untergehen. Wäre A (Fig. 13.) der Beobachtungsort und WAO dessen Horizont, so müßte die bei S^1 aufgehende Sonne aller Orten in L, A, M, N, W . . . zugleich sichtbar werden. Da aber für den östlicher gelegenen Ort D die Sonne S^2 schon früher aufgegangen ist, so muß D unter dem Gesichtskreise WAO liegen. Denn nun ist EDF der Horizont und die Sonne S^2 muß dem Beobachter in D früher sichtbar werden, als jenem in A. Ebenso kann man in H, westlich von A, die aufgehende Sonne S^3 über dem Horizonte IHG erst später erblicken als in A. Offenbar muß also die Erdoberfläche überall von Osten nach Westen hin und auch umgekehrt eine gekrümmte seyn.

§. 30.

Wenn (Fig. 14.) der Punkt a^1 von b und von c aus gesehen wird, so entsteht durch die beiden Gesichtslinien ba^1 und ca^1 der Winkel ba^1c. Rückt nun a^1 immer weiter und weiter in der auf bc lothrecht stehenden Linie $ga^1a^2a^3$ u. s. f. von bc weg und kommt in die Lagen von a^2, a^3, a^4 u. s. f., so werden diese Winkel ba^2c, ba^3c, ba^4c u. s. f. immer kleiner und kleiner; dagegen die Winkel bei

b und c immer größer und größer. Wenn diese dem Rechten immer näher kommen, so wird jener sich dem Winkel = o immer mehr annähern, und wenn ein solcher mit a^n bezeichnete Punkt so weit von bc entfernt ist, daß diese bc gegen $a^n b$ und $a^n c$ so viel wie nichts ist, so muß jeder der Winkel bei b und c ohne bemerkbaren Fehler, ein rechter Winkel seyn; der Winkel bei a^n muß verschwinden und ba^n ist als parallel mit ca^n zu betrachten. Wäre a^4 dieser so sehr entfernte Punkt a^n, so würde auch a^4 mit e^4 gleichlaufend seyn. Ist nun d ein anderer Punkt, eben so weit von bc entfernt als a^4, so muß der Winkel abd, welcher den gegenseitigen Abstand der Punkte a und d in b bezeichnet, dem Winkel acd, welcher diesen Abstand in c bestimmte, vollkommen gleich seyn.

Wenn nun umgekehrt der Abstand zweier Sterne a^4 und d, von dem Punkte b und von c aus gesehen, (wenn diese auch sehr weit von einander entfernt sind) immer unter dem nämlichen Winkel $a^4bd = a^4cd$ erscheint, so müssen diese Sterne so weit von b und c entfernt seyn, daß die Linie bc in Bezug auf diese Entfernungen so viel wie Nichts ist.

Nun lehrt die Beobachtung, daß, wenngleich die Entfernung der Standpunkte b und c auf der Erde auch eine sehr große ist, der Abstand irgend zweier Fixsterne (z. B. von irgend zweien im großen Bären) in b unter demselbigen Winkel a^4bd erscheint, unter welchem er in c durch den Winkel dca^4 wahrgenommen wird. Folglich sind diese Fixsterne, und eben so alle andere, so weit von uns entfernt, daß auch sehr große Abstände zweier Punkte auf der Erdoberfläche gegen ihre Entfernung von diesen Punkten verschwinden. Daher müssen denn auch alle Gesichtslinien, welche von verschiedenen Orten der Erde, zur nämlichen Zeit, nach demselbigen

Firsterne gerichtet werden, als mit einander gleichlaufend oder parallel zu betrachten seyn.

§. 31.

d) Nun sei (Fig. 15.) a ein Ort auf der Erde, mag sein Horizont, dSf ein Bogen seines Meridians (§. 25.) S ein Firstern in demselben, so ist der Winkel Sag der Höhenwinkel dieses Sternes (§. 13.). Stellt nun n einen andern mit a in demselbigen Mittagskreise und nach Norden hin gelegenen Ort vor, dessen Horizont hnp ist, so mißt der Winkel S'np die Höhe des nämlichen Sternes S, da an gegen die Entfernungen aS' und nS verschwindet und aS mit nS' parallel ist (§. 30.). Nun lehrt das Resultat dieser Winkelmessungen, daß der Winkel x immer größer ist als der Winkel v, und um so mehr größer, je weiter n gegen Norden von a liegt. Dieses ist aber nur dadurch begreiflich, daß an eine gekrümmte Fläche, somit an einen Bogen bildet. Denn nun ist in dem Dreiecke ghn der Winkel x größer als Winkel y. Allein es ist W. y = W. v (weil nS' und aS gleichlaufend sind). Folglich muß auch W. x größer als W. v seyn.

Wäre die Entfernung von a nach n eine geradlinige, wie an (Fig. 16.), so müßte der W. x dem W. v, (weil nS' mit aS parallel ist) vollkommen gleich seyn.

Da nun alle Beobachtungen lehren, daß alle zwischen dem Zenith (§. 7.) und dem Nordpunkte des Horizonts befindlichen Firsterne größere Höhenwinkel zeigen, wenn wir von unserm Wohnorte nach Norden hin reisen; ja, daß der Polarstern (§. 23.) einmal nicht weit von unserm Zenith erscheint, so ist überzeugend bewiesen, daß die Erdfläche von unserm Wohnorte gegen Norden hin ebenfalls gekrümmt sei.

Reisen wir gegen Süden, so sinkt der Polarstern und jeder in seiner Nähe stehende Firstern

immer tiefer gegen den Gesichtskreis herab, bis er uns einmal selbst im Horizont erscheint und, bei noch weiterm Fortschreiten nach Süden, sich unter demselben verbirgt.

Aus diesem Allem (§. 27. — §. 31.) geht unzweideutig hervor, daß unser Erdkörper ringsumher von einer krummen, in sich selbst zurücklaufenden Fläche eingeschlossen ist. Andere Beweise werden sich erst weiter unten beibringen lassen.

§. 32.

Ob nun die Erde eine vollkommene Kugelgestalt oder eine mehr oder minder von ihr abweichende Form habe, kann noch nicht aus dem Bisherigen dargethan werden. Indessen bahnt Folgendes einen Weg zur Auflösung dieses Problems. Es sei NS (Fig. 17.) die Mittagslinie und der Bogen ABDS ein Theil des dem Standpunkte d auf der Erde GbdI entsprechenden Meridians, so wird dessen Ebene auch den Erdkörper nach der Ebene GbdI durchschneiden und der Bogen GbdI wird nun ein Erdmeridian genennt.

Hier stellt B den Scheitelpunkt von b und, wenn die gerade HdD gezogen wird, D den Scheitelpunkt von d dar. Ferner sei M ein im Meridianbogen ABDS befindlicher Fixstern, dessen Zenithabstand MB genau gemessen wird. Begibt man sich nun in demselbigen Erdmeridiane von b nach d und mißt hier ebenfalls den Zenithbestand MD, so ist die Differenz beider Bogen d. h. BM—DM=BD=bd oder die Größe des Erdmeridian-Bogens bd in Graden, Minuten und Secunden. Wäre z. B. BM = 30° und DM=28° gefunden worden, so müßte BD=bd genau 2° Grade betragen. Würde nun die Entfernung der Standpunkte b und d auf der Erde trigonometrisch gemessen, so wüßte man, wie viele Meilen zwischen zwei Graden des Erdmeridians

lägen. So schwierig nun auch die wirkliche Ausführung solcher Messungen ist, indem sie über Berg und Thal, über Wasser und Land viele Meilen weit fortgesetzt werden müssen, so zeigt doch schon die Elementar-Trigonometrie die Möglichkeit ihrer Ausführung. Fände es sich nun, daß diese Erdmeridian-Grade ringsum von einerlei Größe wären, so würde dieser Erdmeridian selbst ein vollkommener Kreis und die Erde ebenfalls (mit vieler Wahrscheinlichkeit) eine Kugel seyn müssen. Denn nur in dem Kreise gehören gleich große Bogen zu gleichen Winkeln an dem Mittelpunkte.

§. 33.

Da nun aus dem Bisherigen unsere Erde als ein Körper erkannt worden ist, der ringsumher von einer krummen Fläche eingeschlossen wird, so muß derselbe, da er nirgendswo von einem andern Körper getragen wird, als eine in dem Weltraume schwebende, in sich selbst abgeschlossene ungeheuer große Masse betrachtet werden. Wodurch ein solches Schweben (ob ruhend oder bewegt, ist hier noch unentschieden) möglich ist, kann erst später gründlich entwickelt werden. Indessen erhält hierdurch der Begriff des Erdmeridians schon eine reale Bedeutung. Er ist nämlich der Durchschnitt, welcher entsteht, wenn der, einem gegebenen Punkte b (Fig. 17.) entsprechende Himmelsmeridian ABMS durch den Erdkörper hindurch verlängert wird, woraus eine ringsumher krummlinig begrenzte Figur entsteht. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so müßte jeder Erdmeridian auch ein vollkommener Kreis seyn. — Wer sich in seinem Meridian genau von Norden nach Süden oder von Süden nach Norden, von G nach b und d, oder von I nach d und b begibt, der bleibt auch immer in demselbigen Himmelsmeridian ABMDS, und umgekehrt.

Schreitet man dagegen von seinem Standpunkte aus nach Osten oder nach Westen fort, so entsprechen dem Beobachter immer andere Meridiane, sowohl am Himmel als auf der Erde, indem sich hierdurch die Gesichtskreise und die Scheitelpunkte verändern, und wenn man den ganzen Erdkörper, stets gegen Osten oder gegen Westen hin fortschreitend, ganz umreisen könnte, so würde der Wanderer wiederum zu dem ersten Meridiane so zurückkehren, daß der nämliche Punkt wie zuvor sein Scheitelpunkt wäre. Bei einer Kugelgestalt der Erde würden alle diese Meridiane gleich große Kreise seyn.

§. 34.

Hieraus geht nun die Wichtigkeit der Gradmessungen zur Bestimmung der Größe unseres Erdkörpers hervor. Ihr erster Anfang verliert sich in das tiefe Alterthum. Anaximander (etwa 547 J. v. Chr. Geb.) soll, nach Diogenes Laertius den Umfang der Erde angegeben haben; das Resultat ist indessen nicht auf uns gekommen. Ferner schreibt man ihm die Verfertigung künstlicher Erdkugeln und der Erdkarten zu. Auch Archytas (408 J. v. Chr. Geb.) soll, (nach Horaz I. B. 28. Ode) die Erde ausgemessen haben; allein auch dabei ist kein Zahlenresultat angegeben. Das älteste Maß von dem Umfang der Erde wird von Aristoteles (De Coelo Lib. I.) auf 400,000 Stadien angegeben, welche 9302 geographische Meilen betragen. Nach einer Aeußerung des Archimedes (in dem Buche von der Sandrechnung) soll derselbe, als Resultat der Messungen einiger Geometer, nur 300,000 Stadien, d. h. 6976 geograph. Meilen betragen. Eratosthenes (geb. 276 J. v. Chr. Geb.) fand, jedoch auf einem nicht zuverlässigen Wege, diesen Umfang zu 250,000 Stadien. Auch darf hier noch Posidonius (gest. 50 J. v. Chr.) genannt werden, welcher für diesen

Umfang einmal 240000 und dann nur 180000 Stadien oder 4185,6 geograph. Meilen angibt. Dieser letzteren Angabe schenkte auch Ptolemäus (125 J. nach Chr. Geb.) seinen Beifall, wobei die Größe eines Grades zu 500 Stadien, d. h. auf ungefähr 11,625 geograph. Meilen bestimmt ist.

§. 35.

Sowohl diese als andere spätere Bestimmungen verdienen mehr den Namen von Gradschätzungen, als jenen einer Gradmessung. Die Theorie mußte erweitert, die Meßwerkzeuge mußten vervollkommnet werden, um genauere Resultate zu erhalten. Besonders haben sich die Franzosen um diesen wichtigen Theil der Erdkunde in späteren Zeiten Verdienste erworben. Kaum war i. J. 1666 die Academie der Wissenschaften zu Paris errichtet, als Picard i. J. 1669, welcher bei Paris eine Grundlinie von 5653 Toisen (jede zu 6 paris. Fuß) auf das schärfste gemessen, die Entfernung von Paris bis Amiens durch ein Netz von Dreiecken (siehe unten §. 36.) verbunden und die Größe eines Grades zu 57057 Toisen gefunden hatte. Nach anderer Verfahrungsweise hatte Picard für einen Grad die Länge von 57064 Toisen, und das Mittel von beiden oder 57060 Toisen, als der Wahrheit am nächsten angenommen. Aus Messungen und Berechnungen v. J. 1718 ging die Größe eines Grades zu 56960 Toisen, somit um 1000 T. kleiner, als Picard sie gefunden hatte, hervor. Man bemerke hierbei, daß sich der pariser Fuß zum rheinländischen verhält wie 1440 zu 1392, d. h. wenn jener in 1440 gleiche Theile eingetheilt ist, so enthält dieser nur 1392 derselben.

§. 36.

Um von einem solchen trigonometrisch zu bestimmenden Dreiecks-Netze den Anfängern wenigstens

einen allgemeinen Begriff zu geben, ist hier eine Zeichnung (Fig. 18.) beigefügt, welche der unter Leitung des Academikers Maupertuis i. J. 1736 in den Nordländern unternommenen Gradmessung zum Grunde lag. Seine Begleiter und Mitarbeiter bei dieser so beschwerlichen als gefährlichen Arbeit waren die geschickten Geometer Clairaut, Camus, Le Monnier und der Abbé Outhier, welchen sich Celsius aus Upsala beigesellt hatte, um im Julius des bemerkten Jahres die Messungen zu beginnen. Die Grenzpunkte derselben waren Kittis und Tornea und es kam darauf an, die Größe des Meridianbogens OM möglichst genau zu bestimmen. Man nahm die Linie Bb zur Basis der ganzen Vermessung an und bestimmte ihre Länge durch zweimaliges genaues Messen derselben. Da man zuerst 7406 T. 5 F. 0 Z. und sodann 7406 T. 5 F. 4 Z. gefunden hatte, so nahm man das Mittel von beiden oder setzte Bb = 7406 T. 5 F. 2 Z. Durch Hülfe der gemessenen und corrigirten Winkel:

ABb =	9°	22′	0″
AbB =	77	31	50
BAb =	93	6	10
Summe	180	0	0

und jener des Dreiecks ABC:

ABC =	102°	42′	12″
BAC =	22	37	20
ACB =	54	40	28
Summe	180	0	0

fand man die Linie AC, den Abstand zwischen Avasara und Cuitaperi, = 8659,94 Toisen und nahm diese AC, ihrer scharfen Bestimmtheit wegen, zur Basis der fernern Operation. Nun sind die übrigen in der Zeichnung sichtbaren Dreiecke durch scharfe Messung der Winkel und Berechnung der treffenden

Seiten bestimmt worden, wobei die Seiten DP, EA, AF und CG mit der Mittagslinie QM gleichlaufend angenommen wurden. Die Rechnung gab:

PD	= 9350, 45	Toisen	
AE	= 14213, 24	"	
AF	= 8566, 08	"	
CG	= 22810, 62	"	somit
QM	= 54940, 39	"	

§. 37.

Um jedoch in dem hier gefundenen Resultate recht sicher zu seyn, ist dieser in Q durch Kittis gehende und sich in M durch das aus Tornea auf die Mittagslinie gefällte Loth GMI begrenzende Meridianbogen QM durch eine zweite (zur Rechten von QM liegende) Reihe von Dreiecken bestimmt worden, wobei wieder dN, LK und Kg mit dieser QM parallel sind. Man fand:

dN	= 13297, 88	Toisen	
LK	= 24995, 83	"	
Kg	= 16651, 05	"	
QM	= 54944, 76	"	Vorhin war
QM	= 54940, 39	"	folglich
Summe	= 109885, 15	"	

und es wird, nach dem Mittel,

QM = 54942, 57 Toisen.

Zugleich ist durch mühevolle Arbeiten der diesem Bogen entsprechende Winkel (welcher nicht ganz einen Grad betrug) bestimmt worden und es ergab sich das Resultat, daß ein Meridiangrad = 57437,9 Toisen sei. Picard (§. 35.) hatte die Größe von 57060 Toisen, somit einen kleinern Werth gefunden. Die merkwürdigste aller Gradmessungen ist jene, welche in den Jahren 1792 bis 1798 von De Lambre und Mechain von Dünkirchen bis Barcelona

geführt und dann von Biot, Arago und Rodriguez, seit dem J. 1806 bis zur Insel Formentera im mittelländischen Meere noch weiter fortgesetzt worden ist. Durch diese wahrhaft ungeheure Arbeit ist ein Bogen von mehr als 12 Graden mit den genauesten Instrumenten und mit dem größten Aufwande von Geistes- und Körperkraft gemessen worden. Man schloß von diesem Bogen auf den Quadranten des Erdmeridians und nahm dessen 10,000,000ten Theil als die Größe des Meters d. h. als das Normallängenmaß in ganz Frankreich an, woraus sich dann auch wieder die übrigen Maße und Gewichte daselbst bestimmt hatten. Die Größe jenes Quadranten wurde zu 5130740 Toisen und folglich jene des Meters zu 0, 513074 Toisen gefunden, welches letztere Maß mit 3 F. 2 Z. $2\frac{3}{4}$ Linien rheinländisch einerlei ist. Wird daher angenommen, daß jeder Grad dieses Quadranten dem andern vollkommen sei, so ist die Größe eines Grades $= \frac{5130740}{90} = 57008\frac{2}{9}$ Toisen.

§. 38.

Aus diesen Gradmessungen, welche vielfach und nach höchst verschiedenen Himmelsgegenden hin ausgeführt worden sind, ist nicht blos eine rundliche Gestalt unseres Erdkörpers, sondern auch, weil die Größen eines Grades jedesmal nicht sehr von einander abweichend befunden wurden, obwohl dieselben an verschiedenen Erdorten gemessen worden waren, die beinahe kugelförmige Gestalt desselben mit größter Ueberzeugung hervorgegangen. Denn nur die Kugel hat die Eigenschaft, daß die Grade ihrer größten Durchschnittskreise sämmtlich von einerlei Größe sind. Es bildet demnach nicht nur der Erdmeridian (§. 32.), sondern jeder andere Durchschnitt der Erde, welcher zugleich durch dessen Mittelpunkt geht, eine kreisförmige Figur. Wäre

nun ABDEGA (Fig. 18., b.) ein solcher kreisförmiger Meridian, so müßte, wenn Winkel ACB = Winkel DCE wäre, auch der Bogen AB dem Bogen DE gleich seyn, und eben dieses müßte ringsumher stattfinden. Wäre dagegen der dem Winkel DCE angehörige Bogen DE größer als der dem gleichen Winkel ACB entsprechende Bogen AB, so müßte jener einem größern Halbmesser CM angehören, wobei er = MN und somit flacher würde, als es der Bogen AB ist. Da nun die Gradmessungen wirklich gelehrt haben, daß die von unserm Standorte aus (bei 50° Polhöhe) gegen Norden hin gemessenen Grade nicht unbedeutend größer werden, je mehr sie nordwärts liegen, und daß sie umgekehrt von unserm Wohnorte hin nach Süden immer kleiner werden, bis sie in einer Entfernung von etwa 40° am kleinsten gefunden werden, und da eben dieses in jedem andern Meridiane stattfindet, welcher sich nach Osten oder Westen hin von dem unsrigen befindet: so kann die Gestalt der Erde keine vollkommene Kugel, sondern sie muß gegen Norden hin etwas weniger gekrümmt, d. h. mehr abgeplattet als an jenen frühern Erdorten seyn. Wäre MBDFM (Fig. 19, a.) diese sphäroidische Gestalt im Meridian-Durchschnitt und N die nördliche Gegend, so würde, bei Gleichheit der Winkel E und G, der Bogen CD größer als AB, wie dieses wirklich durch Messungen gefunden worden. Da nun eben dieses für solche Bogen bei S und bei T gilt, indem sie dort größer als hier gefunden werden, so muß die Gestalt des Erdkörpers eine sphäroidische seyn.

§. 39.

Die Erde hat demnach mehrere an Größe verschiedene Durchmesser. Wenn (Fig. 20, a.) AB der größte und CD der kleinste ist, so stellt EG einen mittleren vor. Die Dimensionen dieser

Linien gehen aus den gemessenen Umfangslinien, der ihnen entsprechenden Mittelpunkts-Durchschnitte des Erdkörpers hervor und sind, nach den sichersten Angaben folgende. Es ist

$$AB = 6543546 \text{ Toisen},$$
$$CD = 6521880 \text{ Toisen},$$

somit der Unterschied beider oder $AB - CD = 21666$ Toisen.

Ein *mittlerer* Erdgrad d. h. ein solcher, der zwischen dem größten und kleinsten die arithmetische Mitte bildet, ist $= 57008\frac{7}{10}$ Toisen. Da man nun den 15ten Theil eines solchen mittlern Grades eine *deutsche Meile* nennt, so hat diese die Länge von $3800\frac{3}{5}$ Toisen oder von $22803\frac{3}{5}$ pariser Fuß.

Wenn man die Erde als eine vollkommene Kugel betrachtet, bei welcher jeder Grad dem ebenbemerkten *mittlern Grade* gleich ist, so wird der Umfang eines ihrer größten Kreise = 5400 geographische Meilen und ihr Durchmesser beträgt 1719 solcher Meilen. Ihre Gesammtoberfläche wird demnach = 9282600 Quadratmeilen und ihr körperlicher Inhalt = 2659464900 Cubikmeilen seyn. Daß diese Zahlenresultate von verschiedenen Schriftstellern etwas verschieden angegeben werden, darf, bei der Schwierigkeit ihrer Bestimmung, nicht auffallend seyn.

§. 40.

Da AB größer als CD ist, so nennt man jenen Bruch, welcher andeutet, um was für ein Stückchen CD kleiner ist als AB die *Abplattung* der Erde. Wegen der großen Schwierigkeiten, welche die bisher betrachteten Messungen darbieten, darf es ebenfalls nicht wundern, daß dieser Bruch von Verschiedenen auch verschieden angegeben wird. Früher hatte man ihn $= \frac{1}{334}$ gesetzt, d. h. man hatte angenommen, es sei CD um $\frac{1}{334}$ von AB kleiner als dieser *größte* Durchmesser AB. Nach diesem wäre $\frac{AB}{334}$,

oder 5 deutsche Meilen, die Größe dieser Abplattung. Für AB = 1719 d. M. wäre daher CD = 1714 d. M.

Nach den dem gegenwärtigen Stande dieser schwierigen Aufgabe entsprechenden Resultaten beträgt die Abplattung $\frac{1}{289,1}$ von AB, woraus für das elliptische Sphäroid des Erdkörpers die folgenden Maße hervorgehen:

Es wird OB = 3271952 Toisen, ferner
OC = 3260634 Toisen.

Der Halbmesser eines Kreises, dessen Größe dem Meridian CBDA gleich ist, wird = 3266295 T. Der Halbm. einer Kugel von gleichem Inhalte mit dem Erdsphäroide ist = 3268175 Toisen. Der Umfang dieses Meridians ist = 5390668 deutsche Meilen; folglich die Größe eines Quadranten CEB = 1347,667 deutsche Meilen, dessen zehnmillionter Theil (als die Länge des französischen Meters) = 448,291 pariser Linien beträgt. Der Körperinhalt des Erdsphäroids ist = 2650686000 Cubikmeilen, und dessen Oberfläche = 9260500 Quadratmeilen. Die Oberfläche einer Kugel mit dem Radius OB = 9281920 Q. Meil., und jene einer mit dem Halbmesser OC beschriebenen Kugel ist = 9217817 Q. M., zwischen welche die Erdoberfläche fällt. Diese Maße sind aus Gehler's phys. Wörterb. neu bearbeitet. Leipzig. III. Bd. 2. Abth. S. 933 u. f. entlehnt.

§. 41.

Da man unter der Schwerkraft (§. 1.) jene Kraft versteht, durch welche die sich selbst überlassenen und ihrer Unterstützung beraubten Erdkörper nach der Oberfläche der Erde sich bewegen, so müssen diese Richtungen des Falles, wenn die Erde eine vollkommene Kugel und überall gleich dicht ist, alle nach ihrem Mittelpunkte hin gerichtet seyn.

Denn es ist kein Grund zu einer Abweichung von diesen Richtungen vorhanden. Wäre (Fig. 18, b.) ABDEG der Mittelpunkts-Durchschnitt des Erdkörpers und CDM, CEN wären zwei über D und E verlängerte Erdradien, so würden MD und NE die Richtungen der Schwere (§. 1.) zweier Körper darstellen, welche aus M und N frei herabfallen. Obwohl nun bei C ein Winkel entsteht, so sind doch diese Fallhöhen MD und NE gegen den Halbmesser CD oder CE so sehr klein, daß MD als vollkommen parallel mit NE betrachtet werden kann. Auch steht sowohl MD als NE auf dem zunächst um D und E herliegenden Theil der Erdoberfläche lothrecht. Wenn aber ABDE (Fig. 19, b.) das Sphäroid des Erdkörpers darstellt, dessen Mittelpunkt C ist, so können nur die bei H und K. (Ebenso bei D und E) stattfindenden Falllinien HA und KB genau nach diesem Punkte C gerichtet seyn. Denn, wenn man sich innerhalb dieses Sphäroid's die Kugel AGDF denkt, so wäre für diese letztere die Linie LmC die Richtungslinie des aus L freifallenden Körpers. Fällt aber dieser Körper auf das Sphäroid ABDE aus L herab, so muß jene Masse, welche sich zwischen ABD und ADG befindet, die vorige Fallinie Lm mehr gegen B hin ablenken und ihr eine Richtung Ln geben, deren Verlängerung unterhalb des Punktes C (etwa bei o) in AD eintrifft. — Da indessen die Abweichung der Erde von einer wahren Kugelgestalt nicht so sehr viel beträgt (§. 40.), so kann man für gewöhnliche Betrachtungen annehmen, daß alle Richtungen der Schwere genau nach ihren Mittelpunkte gehen.

§. 42.

Wegen der (in Bezug auf gewöhnliche irdische Gegenstände) so sehr bedeutenden Größe unserer Erde (§. 40.) können wir, auf ihrer Oberfläche

stehend, auch nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil derselben übersehen und dieses Stück muß uns sodann auch als eine Ebene erscheinen. Diese Ebene bildet den Gesichtskreis oder Horizont (§. 6.) und es ist nunmehr klar, daß verschiedene Orte auf der Erde auch (der Lage nach) verschiedene Gesichtskreise haben. Für A (Fig. 20, b.) ist ab, für B ist bd, für D ist dg, für E ist mn, für F ist pq der Horizont, und es ist klar, daß zwei derselben, wie z. B. ab und db sich in b, ferner bd und gd sich in d u. s. f. durchschneiden können. Auch kann ein Gesichtskreis auf dem andern lothrecht stehen oder mit ihm parallel seyn. Jenes ist bei ap und mn in v, dieses bei nm und bd der Fall. Daß nun die bei A, B, D, E, F u. s. f. ringsumher auf der Erdoberfläche befindlichen Körper, auch wenn sie nicht durch mechanische oder chemische Kräfte fest mit derselben verbunden sind, nicht von ihr (z. B. in D, E und F) herabfallen können, geht aus der Richtung der Schwerkraft hervor, indem sie alle nach dem Centrum C hingezogen werden. Aus gleichem Grunde wird der Mensch in E so gerade und so fest stehen, wie jener in A, weil er dort wie hier mit seinen Füßen den Boden berührt und mit seinem Haupte gegen den Sternenhimmel gerichtet ist; auch dort wie hier von der Schwere auf gleiche Weise afficirt wird. Daher kann es auf der Erde wirklich Gegenfüßler oder Antipoden geben, und es sind z. B. die Orte bei A und bei α einander antipodisch entgegengesetzt.

§. 43.

Zur Bestimmung der Weite, welche man von einem über der Erdoberfläche erhabenen Punkte ringsumher übersehen kann, dienet folgende Aufgabe. Wenn DIVH (Fig. 21.) die Erdkugel und A einen solchen Standort bedeutet, so ziehe man AC, errichte

in dem Durchschnittspunkte D auf CD die lothrechte Linie BDE, mache CF = CG = CA, ziehe FC und GC, welche die Oberfläche bei H und I treffen, so werden die geraden AHK und AIL die Tangenten für die Punkte H und I, und HDI wird der Bogen seyn, der von A in der Ebene HAI übersehen werden kann. Auch wird die durch den Kugelabschnitt HIDH bestimmte Oberfläche jenes Stück der Erdfläche angeben, welches dem Auge in A sichtbar ist. Denn weil CD = CI, CG = CA und der W. x den beiden Dreiecken CAI und CGD gemein ist, so müssen diese Dreiecke einander congruent und folglich die W. CDG und CIA einander gleich, d. h. W. CIA muß ein Rechter und somit AIL eine Tangente für den Punlt I seyn. Ebenso sind die Dreiecke CAH und CFD congruent, daher W. CAH ein rechter W. und AHK eine Tangente für den Punkt H. Da nun das Auge des Beobachters in A nur (wie dieses bekannte Erfahrungen lehren) nach geraden Linien sehen kann, so stellen AIL und AHK die Gesichtslinien vor, welche die Grenze des Sehens in H und I bestimmen. Folglich bestimmt auch der Bogen HDI diese Gesichtsgrenze für A. Auch ist Bog. HD = Bog. ID, weil W. y = W. x ist.

Rückte A in der über A verlängerten CA weiter von D hinweg, so müßte der Punkt H näher nach S, und I näher nach T rücken, wobei immer W. o = W. v ist. Es werden aber diese Tangentenpunkte H und I niemals genau in S und in T eintreffen können, weil dann die in S und T auf ST lothrecht stehenden Linien mit einander parallel wären und somit keinen Vereinigungspunkt in der (auch ungemein weithin) verlängerten CA haben könnten. Indessen wird man sich einen so sehr weit von D entfernten, in der verlängerten CA befindlichen Punkt denken können, aus welchem beinahe

die halbe Erdoberfläche SDT gesehen werden könnte. Mehr als diese Hälfte kann niemals wahrgenommen werden.

§. 44.

Zur bequemen Berechnung dieses Gesichtsfeldes (§. 43.) dient Folgendes. Da in dem rechtwinkeligen Dreiecke ACI die Hypotenuse CA = CD + DA und die Cathete CI = CD bekannt ist, so hat man die Proportion:

CA : CI = rad. : cos. x d. h., wenn man CD = r und DA = a setzt,

$$r + a : a = 1 : \cos. x, \text{ daher}$$

$$\cos. x = \frac{a}{r + a}, \text{ wodurch}$$

der W. x und somit auch der Bogen DI, und sein Doppeltes HDI nach Graden, Minuten und Secunden gefunden wird, dessen Längenmaß sodann aus dem Frühern (§. 39, 40.) hervorgeht, sobald sowohl CD als DA nach Toisen oder nach deutschen Meilen bestimmt ist. Einige Resultate dieser Rechnung gibt die folgende Tabelle an:

Bei einer Höhe	Ist die Ebene des Gesichtskreises
von 100 Fuß	2,75 deutsche Meilen
" 200 "	3,88 " "
" 300 "	4,75 " "
" 400 "	5,50 " "
" 500 "	6,17 " "
" 1000 "	8,66 " "
" 1500 "	10,62 " "
" 2000 "	12,30 " "
" 2500 "	13,72 " "
" 3000 "	15,04 " "
" 10000 "	27,44 " "
" 14000 "	32,50 " "
" 18000 "	36,80 " "
" 20000 "	38,80 " "

welche aus Gehler's neu bearbeitetem physical. Wörterb. III. B. 2te Abtheil. S. 838 entlehnt worden ist.

In einer Höhe von $13\frac{7}{10}$ Fuß kann auf der Erdfläche, z. B. auf der hohen See, ein Kreis übersehen werden, dessen Halbmesser sehr nahe eine deutsche Meile beträgt. Die Rundsicht vom Pic in Teneriffa (10,000 par. F. hoch) bietet einen Kreis dar vom Radius = 27,44 d. Meilen, jene vom Chimborasso (20,000 par. F.) erstreckt sich auf 38,8 d. M. und jene von der Spitze des Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge (25,000 par. F.) auf beinahe 39 d. Meilen. Diese Höhe, auf welche sich Biot und Gay-Lüssac mit ihrem Luftschiffe erhoben, ist wohl die größte, aus welcher die Menschen jemals auf die Erde herabgeblickt hatten.

§. 45.

Daß die Firsterne eine sehr große Entfernung von der Erde haben, ist bereits oben (§. 30.) nachgewiesen worden. Nun soll aber gezeigt werden, daß selbst der Radius und der Durchmesser des Erdkörpers d. h. Linien von $859\frac{1}{2}$ und von 1719 deutschen Meilen gegen ihren Abstand von uns als verschwindend zu betrachten sind. Es sei ABG (Fig. 22.) ein Erdmeridian, DSE ein ihm entsprechender Meridian des Sternenhimmels und S ein Firstern in demselben. Hier ist D als Scheitelpunkt von A und E als Scheitelpunkt von B zu betrachten (§. 25, 33.) Wird nun von den beiden in A und in B befindlichen Beobachtern der Winkel o (als Zenithabstand des Sternes S von D) und der W. x (als dessen Zenithabstand von E) auf das schärfste gemessen, so kennt man auch das Maß der zwei Winkel SAC und SBC, als Nebenwinkel von o und x. Durch den bekannten (Bogen-) Abstand der beiden Orte A und B von einander wird auch

der W. ACB bestimmt, und in dem geradlinigen Vierecke SABC müssen die vier Winkel S, SAC, ACB und SBC zusammen vier Rechte oder 360° betragen. Da aber das Resultat dieser Beobachtungen und Rechnungen lehrt, daß schon die Winkelsumme SAC + ACB + CBS = 360° auf das Genaueste ist, so hat der Winkel ABS gar keinen (nicht einmal nach Secunden) angeblichen Werth und die Linien AS, BS müssen als vollkommen gleichlaufend betrachtet werden. Es sind daher die Entfernungen AS, BS so ungeheuer groß, daß die gerade Linie AB, welche die beiden Orte A und B verbindet, auch wenn sie, bei einem Winkel von beinahe 180°, selbst beinahe dem Durchmesser MCN gleich ist, ganz und gar werthlos gegen dieselbe wird. Da dieses Resultat für alle Fixsterne stets das nämliche bleibt, so ist hierdurch erwiesen, daß der Erddurchmesser d. h. eine Linie von 1719 deutschen Meilen gegen den Abstand derselben von der Erde als eine wahre Nulle betrachtet werden muß.

§. 46.

Hieraus gehen nun sehr lehrreiche Folgerungen hervor:

1) Die Erde befindet sich im Mittelpunkte des scheinbaren Himmelsgewölbes (§. 8.) so, daß ihr Centrum auch jenes des Fixsternhimmels zu seyn scheint.

2) Stellt MBNH (Fig. 23.) die Erde und EKFL das Himmelsgewölbe vor, wobei für den Beobachter in B der bisherige scheinbare Gesichtskreis durch ABD bestimmt wird, so wird nunmehr, wenn EMCNF mit ABD parallel genommen ist, der Durchschnittskreis um den Durchmesser MN der wahre Horizont für den Punkt B genennt, da CB gegen die Entfernung der Fixsterne von B soviel wie Nichts ist (§. 45.) Für den Abstand der Fixsterne von der

Erde ist daher der scheinbare Gesichtskreis mit dem wahren vollkommen einerlei.

3) Geht dem Beobachter in B bei A ein Fixstern auf, während ihm bei D gerade ein solcher untergeht, so ist der genau gemessene Bogen AKD = 180° = Bogen EKF; so, daß die Bogen AE = DF als verschwindend, jener gegen EAK, dieser gegen FDK zu betrachten sind.

4) Gleichwie jeder andere Ort auf der Oberfläche der Erde einen andern scheinbaren Horizont hat, so kommt demselben auch ein anderer wahrer Horizont zu. Denn dieser letztere ist stets gleichlaufend mit jenem.

5) Der wahre Horizont theilt sowohl die Erd- als die Himmelskugel in zwei Hälften, welche die obere und die untere Halbkugel heißen. In jener liegt der Scheitelpunkt (Zenith) in dieser, der ihm antipodisch entgegenstehende Punkt der Erde und des Himmels (Nadir). Für den Ort B ist K der Zenith und EKF, MBN sind die obern Hemisphären des Himmels und der Erde; sowie umgekehrt ELF, MHN die untern Halbkugeln sind und L der Nadir ist.

6) Die Polhöhe für einen Ort auf der Erde, z. B. für B (Fig. 24.) dessen scheinbarer Horizont DBF ist, war der Winkel PBD, wovon der eine Schenkel die Gesichtslinie BP (nach dem Pole P, dessen genaue Stelle am Himmel nun sogleich (in §. 47.) gefunden werden soll), die andere, die in diesem Horizonte liegende Linie BD ist, welche aus dem Durchschnitt des Meridians EPFG und des Gesichtskreises entsteht. Obwohl nun diese Polhöhe, auf den wahren Horizont (§. 46.) bezogen, durch den Winkel PCE bestimmt würde, welcher > W. PBD ist (weil W. PHD = W. PCE und W. PHD > W. PBD) so weiß man nunmehr, daß die Linien PB und CP mit einander parallellaufend sind und

in P kein Durchschnittspunkt derselben stattfinden kann. Daher ist für den Ort B sowohl der W. PBD als der ihm vollkommen gleiche W. PCE das Maß dieser Polhöhe. Die Gesichtslinie CP ist eigentlich Cp, gleichlaufend mit BP, wobei denn W. pCE = W. PBD ist.

7) Da man unter dem Aufgang eines Sternes, sein Emporsteigen über den Gesichtskreis und unter seinem Untergang das Hinabsteigen unter denselben versteht, so ist nunmehr auch klar, daß der Unterschied zwischen dem scheinbaren und wahren Horizonte hierbei ebenfalls wegfällt, indem jener mit diesem vollkommen einerlei ist in Bezug auf den Fixsternhimmel.

§. 47.

Aus dem Frühern (§. 23.) ist bekannt, daß sich alle Fixsterne in kreisförmigen Bahnen und mit gleichförmiger Bewegung um einen in der Nähe des Polarsternes (§. 22.) befindlichen Punkt des Himmels so zu drehen scheinen, daß sie ihre Umläufe in 24 Stunden vollkommen abgeschlossen haben. Zur genauen Bestimmung des Ortes, an welchem sich dieser Drehpunkt des Himmelsgewölbes befindet, dienet folgendes Verfahren. Es sei AZB (Fig. 25.) ein Himmelsmeridian, welcher durch das Zenith Z des Erdpunktes D gedacht wird und EDF sei der scheinbare Horizont, welcher mit dem wahren ACB einerlei ist (§. 46.). Wird nun in der nördlichen Gegend des gestirnten Himmels, in einer hellen Winternacht, ein Stern (z. B. Dubhe oder Mirac im großen Bären (§. 21.)) durch ein sich in der Meridianebene APZ drehbares Fernrohr an dem Orte D so lange beobachtet, bis er genau im Mittagskreise ASZ erscheint, so ist der Winkel SDE d. h. die Höhe (§. 13.) dieses Sternes nach Graden, Minuten und Secunden nicht schwer zu messen. Da

nun dieser Stern S in 24 Stunden den Kreis SVTW am Himmel mit stets sich gleichbleibender Geschwindigkeit beschreibt, so wird derselbe nach 12 Stunden abermals in dem Meridian bei T erscheinen, d. h. er wird zum zweitenmale culminiren (§. 15.) und man nennt diesen Eintritt in den Mittagskreis die untere, den vorigen Eintritt bei S, die obere Culmination desselben. Wird nun auch der Höhenwinkel TDE gemessen, so ist W. SDE — W. SDE = W. SDT, in dessen Mitte der Pol P sich befindet. Wird daher der W. SDT halbirt und dessen Hälfte d. h. W. PDT zu dem W. TDE addirt, so ist die Summe beider d. h. W. PDE die zu findende Polhöhe für den Beobachtungsort D. Wenn daher ein Fernrohr bei D in der Meridianebene so aufgestellt wird, daß der W. EDP dem so eben gefundenen W. der Polhöhe gleich ist, so trifft die Gesichtslinie DP genau auf den Punkt P, d. h. auf den Drehpunkt des Fixsternhimmels, dessen Lage somit hierdurch bestimmt ist.

§. 48.

Nun sei hprs (Fig. 26.) die Erde, HPARSB die sie umgebende Himmelskugel, HR der wahre Horizont für den Ort v, Z der Scheitel- und N der Fußpunkt dieses Ortes, und W. HCP die demselben entsprechende Polhöhe, so denke man sich die gerade Linie PC durch die Erde nach s und dann noch bis in S zu dem Fixsternhimmel verlängert, so lehren die Beobachtungen, daß alle Fixsterne, wie z. B. in m, n, A, t sich um diese feste und unbeweglich scheinende Linie PS in den Kreisen mv, nq, ADBEA, tg binnen 24 Stunden so herum bewegen, daß die Ebenen dieser Kreise alle unter sich gleichlaufend sind; so wie auch diese Linie PS durch aller Mittelpunkt geht und auf jeder derselben lothrecht steht. Diese dem Astronomen sehr wichtige

Linie PS heißt die **Weltaxe** oder die **Axe des Himmels**, und ebenso wird die ihr entsprechende, durch das Centrum der Erde gehende gerade ps die **Erdaxe** genennt. Die Punkte P und p, welche sich **über** unserm Horizonte hr befinden, heißen der **Nordpol**; die Punkte S und s **unterhalb** desselben aber der **Südpol**. Jener größte Kreis ADBE, welchen der von P und S um 90° abstehende Punkt A während dieser einmaligen Umdrehung beschreibt, wird der **Himmels-Aequator**, und der ihm auf der Erde entsprechende Kreis adbe, welcher aus dem Durchschnitte des Himmels-Aequators und des Erdkörpers entsteht, wird der **Erd-Aequator** genennt.

§. 49.

Aus dieser Entstehung des **Aequators** (§. 48.) gehen sogleich nachstehende Folgerungen hervor:

1) Der Himmels-Aequator theilt die Himmelskugel und der Erd-Aequator die Erdkugel in zwei Hemisphären, in die **nördliche** oder ADBFP, worin der Nordpol P, und in die **südliche** oder AEBDS, worin der Südpol S liegt.

2) Die Ebene des Aequators steht demnach auf der Ebene des Meridians, d. h. ADBE auf ANHZ, lothrecht; aber auf jener des Horizontes durch HR steht sie (für die Lage des in v gewählten Ortes auf der Erdfläche) schief und ihr **Neigungswinkel** gegen dieselbe ist **hier** der W. ACR (§. 5.).

3) Desgleichen bildet die Linie ZN, vom Scheitelpunkte zum Fußpunkt des Ortes v, mit der Aequatorialebene ADBE bei C einen spitzen Winkel ZCA = W. NCB. Jener bestimmt den **Abstand** des Punktes A (als Durchschnittspunkt des Aequators und Meridians) vom Zenith; dieser bildet den (ihm gleichen) Abstand des Aequatorpunkts B vom Nadir.

4) Der Winkel ACR, welchen der Aequator

ADBE mit dem Horizonte HR in C macht, heißt die Höhe des Aequators oder die Aequatorhöhe. Da nun der W. PCA = 90° und W. HCP + W. PCA + W. ACR = 180° ist, so muß auch W. PCH + W. ACR und eben so W. pCh + W. aCr = 90 seyn. Demnach bildet die Polhöhe jedes Ortes mit der Aequatorhöhe desselben jedesmal einen rechten Winkel, und man kann aus jeder derselben, wenn sie in Winkelmaßtheilen bekannt ist, die andere leicht berechnen. Da Aschaffenburg's Polhöhe etwa 50° (49° 58′) beträgt, so ist unsere Aequatorhöhe ungefähr 40° (40° 2′).

5) Der Winkel SCR = W. PCH bestimmt die Tiefe des Südpols S unter dem Horizonte HR für den Ort v auf der Erde. Mann kann ihn schicklich die Poltiefe nennen. Eben so ist der W. HCB die Aequatortiefe, welche mit jener einen rechten Winkel bildet. Auch muß die Poltiefe RCS und der Abstand des Südpols S vom Nadir N, d. h. der W. SCN in der Summe = 90° seyn.

§. 50.

Wenn der kleine Kreis um C (Fig. 27.) die Erde, v einen Ort auf ihrer Oberfläche, HMRL den Horizont, PCS die Himmels- und Erdaxe, Z den Scheitel-, N den Fußpunkt, ALQM den Aequator bedeutet, so beschreiben die in dem Meridiane stehenden Sterne 1, 3, 5, B, D, A, 7, q während einer halben Umdrehung des Fixsternhimmels die Halbkreise 1a2, 3b4, 5c6, BdH, DeE, ALQ, 789 und RTK, deren Ebenen alle mit jener des Aequators parallel sind und daher auch mit dem Horizonte den Neigungswinkel ACR bilden. Solche Kreise heißen Parallelkreise. Da nun der Punkt M der Ost-, der Punkt L der Westpunkt (§. 17.) des Gesichtskreises ist, so geht der im Aequator

befindliche Stern A bei M auf, erhebt sich in schiefer Richtung (dem Winkel ACR entsprechend) von M nach A in einem Quadranten, culminirt in A, steigt von hier in einem folgenden Quadranten AL zum Gesichtskreise hinab, geht in L unter und beschreibt in gleicher Zeit die andere Hälfte seiner Kreisbahn LQM unterhalb des Horizontes. Da nun alle übrigen Fixsterne sich in parallelen Bahnen mit ALQM bewegen, so bilden diese alle auch gleiche schiefe Winkel mit dem Gesichtskreise und man nennt diese Lage des Fixsternhimmels gegen den Horizont HMRL die schiefe Sphäre. Es ist klar, daß, wo immer die Aequatorhöhe ACR einen spitzen Winkel mit dem Horizonte und somit auch die Polhöhe PCH (§. 49. 4.) einen solchen mit ihm bildet, diese schiefe Lage der Himmelskugel daselbst auch stattfinden müsse.

§. 51.

Aus der Betrachtung der Figur geht nun auch Folgendes hervor:

1) Fixsterne, welche sich bei 1, 3 und 5 befinden, gehen dem Beobachter in v niemals unter, denn ihre Tagkreise 1a2, 3b4, 5c6 bleiben immer oberhalb des Horizontes HMRZ. Dieß ist z. B. der Fall mit den Sternen des kleinen und großen Bären (§. 21., 22.), welche auch während der Stunden des Tages sichtbar wären, wenn nicht das Sonnenlicht ihren schwächern Glanz unwahrnehmbar machte. Man nennt solche in der Nähe des Nordpols (ähnliches gilt auch vom Südpol) stehende Fixsterne die Circumpolarsterne.

2) Ein Stern in B, dessen Abstand PB vom Pole P dem Bogen PH, d. h. der Polhöhe des Beobachters in v gleich ist, beschreibt seinen halben Tagbogen BdH so, daß er bei H den Horizont gerade berührt und bei Fortsetzung seiner Bahn sich

sodann wieder stufenmäßig über denselben erhebt. Alle Fixsterne demnach, welche nicht weiter von dem Pole P abstehen, als die Polhöhe PH beträgt, können dem Erdorte v niemals untergehen.

3) Ein Fixstern in D, dessen Abstand vom Pole (PD) größer als PH ist, hat DGE zu seinem halben Tagbogen und tritt bei G unter den Horizont, d. h. er geht dem Beobachter in v nunmehr unter, beschreibt den Bogen GE in seinem tiefern Hinabsteigen, dann einen ihm gleichen Bogen EI bei seinem Heraufsteigen, tritt bei I wieder in den Horizont, um sich abermals über demselben zu erheben, d. h. dem Orte v wieder aufzugehen. Die gerade IG ist die Durchschnittslinie seiner Bahnebene und des Gesichtskreises.

4) Ein Fixstern in R, dessen Abstaud SR vom Südpole S der Polhöhe PH gleich ist, geht dem Orte v niemals auf, denn sein ganzer Tagbogen RTKWR befindet sich durchaus unterhalb des Horizontes. Eben so wenig können ihm andere, noch näher bei dem Südpole stehende Sterne z. B. jene in q jemals aufgehen.

5) Wenn sich ein Fixstern bei A, im Aequator befindet, so geht derselbe bei M auf, durchlauft den Halbkreis MAL in 12 Stunden, geht bei L unter und beschreibt sodann die andere Hälfte seines Kreises, d. h. den Halbkreis LQM ebenfalls in 12 Stunden.

§. 52.

Wenn der Beobachter in v (Fig. 26.) immer weiter von Norden gegen Süden, d. h. von v gegen a reiset und er kommt einmal in den Erd-Aequator bei a, so würde sich auf dieser Reise seine Polhöhe d. h. der W. PCH immer mehr und mehr vermindern (§. 31.) und wenn er sich in a selbst befindet, so liegt die Himmelsaxe gerade in seinem Horizonte

und der Himmels-Aequator steht senkrecht auf demselben. Diese Lage der Himmelskugel stellt die Fig. 28. dar. Hier ist PVSW der Horizont des Ortes v, in dessen Ebene die Himmelsaxe PS sich befindet. Daher ist der Kreis ANQI der auf diesem Horizonte lothrecht stehende Aequator, dessen Durchschnitt mit ihm eine gerade Linie ab bildet, welche von Westen nach Osten gerichtet ist. Ist z. B. P der Nordpol, so ist S der Südpol, a der Ost-, und b der Westpunkt des Himmels. Da die Tagkreise der in D und F befindlichen Fixsterne, d. h. die Kreise DE und FG mit dem Aequator gleichlaufend sind (§. 60.), so stehen ihre Ebenen ebenfalls lothrecht auf dem Gesichtskreise PS, was gerade so von jenen Kreisen gilt, welche die Sterne in H und L mit den Halbmessern HI und LN beschreiben, und auch von den Tagkreisen aller andern Sterne des Fixsternhimmels. Daher nennt man diese Lage der Himmelskugel die gerade, d. h. die senkrechte, und es ist klar, daß dem Beobachter in v binnen 24 Stunden alle Fixsterne auf- und untergehen müssen, mit Ausnahme von zwei, welche sich genau in den Polen P und S befänden, und welche immer sichtbar wären. Auch befindet sich der halbe Tagbogen eines jeden dieser Sterne oberhalb, und dessen andere Hälfte unterhalb des Horizontes. Er wäre demnach zwölf Stunden lang sichtbar und wieder während der folgenden zwölf Stunden unsichtbar.

§. 53.

Könnte sich der Beobachter in v (Fig. 29.) genau auf den Nordpol der Erde vabd stellen, so hätte er den nördlichen Himmelspol P genau in seinem Zenith und den Südpol S in seinem Nadir. Der Aequator AVQW läge dann in seinem Horizonte, seine Polhöhe wäre = 90° und die Aequatorhöhe

= 0°. Während der einmaligen Umdrehung der Himmelskugel um die Axe PS würden alle Tagkreise der Fixsterne, z. B. DE, FG der in D, F befindlichen Sterne, mit diesem Horizonte parallel seyn, weil sie es mit der Aequatorebene sind (§. 50.) und diese nunmehr den Gesichtskreis bildet. Eben dieses würde von den Sternen in H und L gelten, deren Tagkreise mit den Radien HI und LN beschrieben werden. Der Beobachter in v erblickte demnach nur jene Fixsterne, welche sich in der nördlichen Halbkugel PAQ befinden und kein Stern der südlichen Hemisphäre AQS könnte ihm sichtbar werden. Gerade das Umgekehrte hätte bei einem Beobachter statt, welcher sich in b, d. h. genau in dem Südpole der Erde befände. Diese Lage der Himmelskugel, in Bezug auf den jetzigen Horizont, AVQW heißt die parallele.

§. 54.

Gleichwie nun hieraus hervorgeht, daß die gerade Lage der Himmelskugel (§. 52.) und die parallele Lage derselben (§. 53.) die beiden Extreme bilden, welche in Betreff der Lage der Weltaxe gegen den Horizont eines Ortes auf der Erde möglich sind, so deutlich erkennt man, daß die schiefe Lage (§. 50.) eine zwischen beiden liegende (mittlere) ist, bei welcher eine sehr große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen des Sternenhimmels stattfindet. Denn der Winkel, welchen die Weltaxe mit dem Gesichtskreise bildet, kann, als ein spitzer, sehr verschiedene Größen haben. Daher haben auch in dieser Zwischenlage theilweis solche Erscheinungen statt, welche theils nur der parallelen Lage angehören; z. B. es gehen hier mehrere Fixsterne gar nicht unter, andere gehen gar nicht auf; viele gehen dem Beobachter sowohl auf als unter. Wenn einige Sterne der nördlichen

Halbkugel bei der Drehung des Himmels verschwinden, so erscheinen dagegen andere, welche der südlichen Hemisphäre angehören; die Tagbogen aller Fixsterne sind weder lothrecht auf dem Horizonte, noch parallel mit demselben, sondern bilden spitze Winkel mit ihm, welche den jedesmaligen Aequator-Höhen gleich sind. — Wer sich diese schiefe Lage der Himmelskugel, als eine zwischen der geraden und parallelen genau mittlere, anschaulich machen will, nehme den Winkel PcH (Fig. 27.) d. h. die Polhöhe des Ortes $v = 45^0$ und vollende die entsprechenden Zeichnungen, so werden auch alle Erscheinungen, welche sich in dieser Lage dem Beobachter darbieten, eine genaue Mitte zwischen jenen halten, welche die beiden Extreme (§. 52, 53.) derselben dargeboten haben.

§. 55.

Es ist bereits oben (§. 23.) bemerkt worden, daß die bisher betrachtete Drehung des Fixsternhimmels um die (scheinbar) ruhende Erde mit der größten Gleichförmigkeit der Bewegung stattfindet. Es war demnach sehr zweckmäßig, sich derselben als ein natürliches und unveränderliches Zeitmaß zu bedienen. Daher hat man die Zeit, welche zwischen der obern Culmination eines Fixsterns bis zur nächsten obern Culmination verfließet, einen Sterntag genennt und Beobachtungen mit den besten Uhren angestellt, haben es gelehrt, daß die Sterntage aller Fixsterne ganz genau von gleich großer Zeitdauer sind. Der 24te Theil dieses Sterntags heißt eine Sternstunde, welche in 60 Minuten, 60 mal 60, oder 3600 Secunden eingetheilt wird. Eine Uhr, deren Gang so eingerichtet ist, daß die erste Secunde der ersten Stunde mit der ersten Culmination eines Fixsternes und die letzte Secunde der letzten (d. h. der 24sten) Stunde

mit der zweiten obern Culmination eben dieses Sternes zusammentrifft, und in ihrer Zwischenzeit einem stets gleichförmigen Gange folgt, wird daher eine Sternuhr genennt. Machte ihr Pendel (Perpendikel) in jeder Secunde eine Schwingung, so müßte dieses während einer Umdrehung der Himmelskugel 24 mal 3600, d. h. 86400 solcher Schwingungen gemacht haben.

§. 56.

Da jeder Tagkreis der Fixsterne in 360° getheilt wird und diese sämmtlichen Kreise binnen 24 Sternstunden gleichförmig durchlaufen werden, so beschreibt jeder Fixstern in einer dieser Stunden einen Bogen von $\frac{360°}{24} = 15°$; d. h. es werden in 60 Minuten Sternzeit 15 Grade dieser Kreise durchlaufen. Folglich wird ein Grad innerhalb vier Minuten zurückgelegt. Wer sich daher von seinem Wohnorte auf der Erde um einen Grad (auf dem Aequator um 15 deutsche Meilen (§. 39.) genau nach Osten hinbegibt, dem müssen jene Fixsterne, welche ihm zuvor zu einer bestimmten Stundenzeit aufgegangen waren, nunmehr um vier Minuten früher aufgehen. Reiste er gerade um 15 Erdengrade gegen Osten, so würde dieser frühere Aufgang genau eine Sternstunde betragen. Dieser Weg ist, für ein Fortschreiten im Aequator, $= 15 \times 15$ oder 225 deutsche Meilen. Da die Länge der Grade in jenen Kreisen, welche mit dem Aequator parallel sind, d. h. in den Parallelkreisen (§. 50.), mit Zunahme ihrer Annäherung gegen die Pole, immer kleiner werden, so beträgt auch die Entfernung von einem bestimmten Punkte in ihnen gegen Osten hin immer weniger, um einen Ort zu erreichen, an welchem der Aufgang derselbigen Fixsterne um eine Sternstunde früher stattfindet. — Befänden sich an zwei verschiedenen Orten des Aequators zwei Sternuhren,

deren Gang ganz genau übereinstimmend wäre und derselbige Fixstern ging dem einen Orte um eine Stunde früher auf, als dem andern, so würde der Abstand dieser Orte von einander 15 deutsche Meilen betragen. Lägen beide Orte in demselbigen Parallelkreise mit dem Aequator, so wäre ihre Entfernung von einander der Größe von 15 Graden ihres Umkreises gleich. Eben diese Verhältnisse zwischen der Stundenzeit und der Entfernung zweier Orte haben auch in Betreff der Culmination der Fixsterne statt und können leicht durch Beispiele erläutert werden.

§. 57.

Zur ungefähren Erläuterung der außerordentlichen Geschwindigkeit, womit sich die in der Nähe des Himmels-Aequators befindlichen Fixsterne bei dem täglichen Umschwunge der Himmelskugel bewegen müßten, dient folgende Berechnung. Es sei in dem rechtwinkeligen Dreiecke CAB (Fig. 30.) CA, der Halbmesser der Erde, = 859,5 deutsche Meilen und CB, AB stellen die vom Mittelpunkte C und vom Pole A gezognen Gesichtslinien nach dem im Aequator des Himmels stehenden Fixsterne B dar, so ist der Winkel bei B so klein, daß er nicht einmal eine Secunde beträgt (§. 45.). Nimmt man ihn aber z. B. für 1 Minute an, so ist der W. A = 89° 59′ und aus der Proportion:

r : tang. A = CA : CB wird nunmehr CB = $\frac{\text{tang. A} \times \text{CA}}{\text{r}}$ d. h. für r = 1 ist diese CB = tang. 89° 59′ × 859,5 = 3437,746 × 859,5 = 3954742,687 d. Meilen. Die diesem Halbmesser entsprechende Peripherie wird größer als 24835782 d. M. Da nun diese Bahn in 24 Stunden oder in 24 × 60 = 1440 Minuten von den in der Nähe des Himmels-Aequators befindlichen Fixsternen gleich-

förmig durchlaufen würde, so müßte jeder in 1 Minute einen Weg von $\frac{24835782}{1440}$ d. h. von mehr als 17247 d. M. und in jeder einzelnen Secunde von mehr als 287 deutschen Meilen zurücklegen. Da aber der Winkel A noch größer als 89° 59′ ist und für 89° 59′ 59″ angenommen werden kann, so würde diese Geschwindigkeit auch noch weit größer seyn müssen. — Aus Gründen, welche erst weiter unten entwickelt werden können, wird sich das Resultat ergeben, daß die Fixsterne einen Abstand von uns haben, welcher eine Million deutsche Meilen übersteigt.

§. 58.

Nun stelle (Fig. 31.) der um c beschriebene kleine Kreis die Erde, der größere die Himmelskugel vor; bad sei der Gesichtskreis für a und in S befinde sich ein Fixstern, welcher dem Beobachter in a so eben aufgeht, indem er sich über den Horizont erhebt. Man nehme an, dieser Fixstern bleibe unbeweglich an seiner Stelle, die Erde drehe sich aber um den festen Mittelpunkt c in der Richtung aenq um eine Axe, welche durch c geht und auf dem Kreise aqvo lothrecht steht. Hierdurch gelangt der Beobachter a einmal nach e, sein Gesichtskreis ist feg und dessen Verlängerung zum Fixsternhimmel trifft in 2 ein, wodurch er den Stern S um den Bogen S2 über dem Horizont erblickt. Wenn diese drehende Bewegung von a nach e gleichförmig und für den Beobachter unbemerkbar geschähe, so müßte es ihm auch nothwendiger Weise scheinen, der Stern S habe sich mit gleichförmiger Bewegung über seinen Gesichtskreis bis zur Höhe S2 erhoben. Für den Ort n und den Horizont mnp, dessen Verlängerung bei 3 am Himmel eintrifft, scheint es, als sei der Stern S um den Bogen S3 emporgestiegen. Dem Horizont in q entspricht der Bogen S4

wobei, wenn W. acq = 90° ist, der Stern S am höchsten steht; dem in v der Bogen S2345, und wenn der Bogen aqv = 180° ist, so scheint der Stern bei 5 wieder unter den Horizont hvs zu treten, d. h. er scheint unter zu gehen.

Da nach dem Frühern (§. 46, 1.) der Beobachter auf der Erde sich immer im Mittelpunkte der Himmelskugel befindet, so kann man sich auch unter BCS (Fig. 32.) den Horizont, und in C diesen Beobachter denken, welchem der Stern S (z. B. zu seiner Rechten) gerade aufgeht. Dreht sich nun dieser Horizont BCS so um C, daß diese Drehung gleichförmig und nach der Richtung S123 geschieht, so kommt der Gesichtskreis in die Lage GC1 und der Stern S scheint sich um den Bogen S1 erhoben zu haben. Für den Horizont DC2 scheint er seine größte Höhe erreicht zu haben und für EC3 scheint er wieder allmählig herab zu sinken, bis er für BCS wiederum (zur Linken des Beobachters) verschwindet.

Hieraus ist klar, daß die täglich wiederkehrende Bewegung des Fixsternhimmels gerade so, wie sie uns erscheint, erfolgen müsse, wenn alle Fixsterne unbeweglich wären und unsere Erde sich binnen 24 Stunden mit gleichförmiger Bewegung, aber von Westen nach Osten hin, um die Erdaxe (§. 48.) drehte. Daß dieses letztere statrfinden möge, wird man auch jetzt schon für wahrscheinlich halten. Daß es aber wirklich so sei, kann erst weiter unten vollständig erwiesen werden.

§. 59.

Sobald man die kugelförmige Gestalt des Erdkörpers erkannt hatte, entstand das Streben zur Verfertigung einer künstlichen Erdkugel im Kleinen, d. h. des sogenannten Erdglobus. Bei Kugeln von 1 bis 2 Fuß im Durchmesser ist die

Abweichung von der vollkommenen Kugelgestalt (§. 38.) unmerklich und es bedarf keiner Abplattung derselben an ihren Polen oder einer Erhöhung an ihrem Aequator. Ist dieselbe von einer dazu schicklichen Materie (z. B. Pappe) verfertigt, so lassen sich die beiden Pole durch vorstehende Drathstücke bemerken, um welche die Kugel bequem gedreht werden kann. Auch läßt sich sogleich der Aequator auf ihrer Oberfläche als sichtbarer Kreis construiren. Wird derselbe ringsumher in seine 360 Grade getheilt, so können auch die verschiedenen Meridiane, z. B. von 5 zu 5 Graden sichtbar verzeichnet werden. Sollen nunmehr bestimmte Orte der Erde, nach dem Verhältnisse ihrer wirklichen Lage, auf diesen künstlichen Globus getragen werden, so entsteht die Frage: wie dieses mit Genauigkeit ausgeführt werden könne? Hierzu dient der Satz: Die Lage eines Ortes auf der Erdfläche wird durch seine geographische Breite und Länge bestimmt.

§. 60.

Es sei **HIREH** (Fig. 33.) ein Erdmeridian, **HR** der Horizont, **NS** die Erdaxe, **N** der Nordpol, **AME** die halbe Ebene des Aequators und **F** ein auf der Erdoberfläche beliebig angenommener Ort. Denkt man sich nun durch **F** den halben Meridiankreis **NFS**, so wird dieser den Aequator **AME** in **P** durchschneiden und es liegt zwischen **P** und **F** ein Bogen des Meridians, d. h. **PF**, welcher die geographische Breite des Ortes **F** genennt wird; und zwar die nördliche Breite, weil **F** sich auf der nördlichen Halbkugel befindet. Denkt man sich durch **F** einen mit dem Aequator parallel laufenden Kreis **IFL**, dessen Hälfte in der Zeichnung dargestellt ist, so wird dieser Parallelkreis ein Breitenkreis genennt. — Der Ort **Q** hat eine südliche

Breite, welche durch den Bogen PQ des durch Q gehenden Meridians gemessen wird. Alle im Aequator selbst liegende Orte, wie z. B. A, P, M, haben keine Breite und jeder der beiden Pole hat eine Breite von 90°. Es wird demnach klar seyn, wenn man sagt: die geographische Breite eines Ortes ist jener durch Grade, Minuten und Secunden ausgedrückte Bogen des Meridians, welcher sich zwischen diesem Orte und dem Aequator befindet. Man erkennt nun auch, daß die Breite eines Ortes nur die Lage seines Breitenkreises; nicht aber seine ihm nur allein zukommende Lage bestimmt, da z. B. die Orte V und W mit dem Orte F die nämliche Breite haben.

§. 61.

Es ist daher noch eine zweite Bestimmung nöthig, um die Lage des Ortes F zu fixiren. Nimmt man den willkürlich gezogenen Meridian NGS als den ersten und unveränderlichen an, welcher den Aequator im Punkte M schneidet, so liegt zwischen diesem und dem durch den Ort F gehenden Meridian NFS ein Bogen MP des Aequators, welcher durch die Anzahl seiner Grade, Minuten und Secunden die Länge des Ortes F bestimmt. Diese Länge wird von dem Nullpunkte, welcher im Aequatorialpunkte M liegt, gegen Osten hin (somit in unserer Zeichnung von M nach P hin) bis auf 360° fortgezählt. Hieraus ist klar, daß alle in dem nämlichen Meridiane liegende Orte, wie z. B. F, P, Q u. s. f. einerlei Länge (jedoch verschiedene Breite) haben. Auch versteht man leicht, was es heißt, wenn man sagt, ein Ort habe eine Länge von 90°, von 180°, von 270°, von 359° u. s. f. Gewöhnlich wird jener Meridian, welcher durch die Insel Ferro (eine der Canarischen Inseln) geht und zwischen der westlichen Küste derselben und der

Stadt sich befindet, als der erste angenommen, und es ist der Meridian der Sternwarte zu Paris gerade um 20° von demselben nach Osten entfernt, d. h. die Länge dieser Sternwarte beträgt 20°. — Hieraus geht zur Genüge hervor, daß jeder bedeutende Punkt der Erdfläche auf dem künstlichen Erdglobus nach seiner verhältnißmäßigen Lage aufgetragen werden kann, sobald dessen Breite und Länge bekannt und der erste Meridian bestimmt ist.

§. 62.

Nun ist aus dem Obigen (§. 47.) bekannt, daß die Polhöhe jedes Ortes nicht schwer gefunden werden kann. Diese Polhöhe aber ist immer der geographischen Breite des Ortes gleich. Denn unter dem Aequator ist Polhöhe und Breite = 0 (§. 60.) unter den Polen ist jede = 90°, in der mittleren Breite von 45° muß auch die Polhöhe = 45° seyn. Ganz allgemein kann dieses durch Fig. 26. erwiesen werden. Hier ist für den Ort v der W. PCH die Polhöhe, der W. ACR die Aequatorhöhe, HR der Horizont und Z der Scheitelpunkt von v. Demnach ist W. aCv = W. ACZ die geographische Breite von v. Da aber Winkel HCP + W. PCZ = W. PCZ + W. ZCA = 90°, so muß auch immer W. HCP = W. ZCA seyn. Es kann demnach durch die sorgfältig bestimmte Polhöhe eines Ortes auf der Erde der Breitenkreis (§. 60.) auf der künstlichen Erdkugel gezeichnet werden, in welchem er liegt.

Die Länge dieses Ortes kann aber (nach §. 55, 56.) durch übereinstimmende Sternuhren gefunden werden. Denn wenn z. B. ein bestimmter Fixstern dem Beobachter in Q (Fig. 33.) genau um 7 Uhr des Abends culminirt und diese Culmination für den Beobachter in G (welcher westlich von Q wohnt)

genau um 8 Uhr erfolgte, so würde der Meridianabstand beider Orte 15° des Aequators (§. 56.) d. h. der Bogen MP des Aequators EMPA würde die Länge des Ortes Q bestimmen, wenn NGMS als der erste Meridian angenommen wäre. Hierdurch ist demnach die Lage des durch Q gehenden Meridians NPQS auf dem Globus bestimmt. Weiß man nun noch, wie groß die südliche Breite dieses Ortes Q ist, so darf man nur die sie messende Anzahl von Graden, Minuten und Secunden von P gegen S auf den Bogen PQS tragen, um den Punkt Q zu fixiren.

§. 63.

Denkt man sich nun unter dem Kreise NIASEN (Fig. 33.) die Himmelskugel, unter N den Nordpol, so sei AME der Himmels-Aequator und F ein Fixstern der nördlichen Halbkugel, welcher gerade in den Meridian NFPS tritt d. h. in dem Augenblicke culminirt. Hier kann nun der Bogen NF d. h. der Abstand dieses Sternes von dem Nordpole durch einen Winkelmesser gemessen werden, welcher sich genau in der Ebene des Meridians NFPS bewegt. Dieser Winkel ist des Sternes F Polarabstand (Polardistanz). Zieht man denselben von 90° d. h. von dem Bogen NFP ab, so zeigt der Rest die Größe des Bogens FP in Graden, Minuten und Secunden an. Dieser Bogen heißt die Declination des Fixsternes F und dieser Kreis NFPS wird nunmehr der Abweichungs- oder Declinationskreis genennt. Es ist demnach diese Declination oder Abweichung des Sterns F im Wesentlichen einerlei mit der geographischen Breite (§. 60.), wenn F einen Ort auf der Erdoberfläche bedeutet. — Auch könnte der Winkel, welcher diesem Bogen PF entspricht, durch das genaue Messen zweier andern Winkel bestimmt werden. Denn man wird sich leicht

überzeugen, daß dieser Declinations=Winkel gefunden wird, wenn man die Mittagshöhe des Sternes mißt und zwischen dieser und der Aequatorhöhe (§. 49.) die Differenz sucht. Diese Declination ist entweder eine nördliche oder eine südliche. — Wäre nun der Meridian NMS als der erste und unveränderliche am Himmel angenommen, so könnte auch der Bogen MP d. h. der Abstand des Punkts P, in welchem der Mittagskreis NFPS den Aequator schneidet, vom Anfangspunkte M gemessen werden. Dieser Winkel heißt die Rectascension oder die gerade Aufsteigung des Fixsternes F, und diese entspricht der geographischen Länge (§. 61.) auf der Erde. Durch Abweichung und gerade Aufsteigung kann daher die Lage jedes Fixsternes an der Himmelskugel bestimmt werden. — Als den festen Anfangspunkt M hat man jenen Punkt des Aequators gewählt, in welchen sich die Sonne im Augenblicke des Frühlings=Aequinoctiums (wovon weiter unten) befindet. Man zählt von M nach MPA (von West nach Ost) die Aequatorialgrade ringsherum bis 360°. — Hieraus erkennt man die Möglichkeit, eine künstliche Himmelskugel (Himmelsglobus) zu verfertigen, auf deren Außenfläche die hellsten Fixsterne in jener Lage erscheinen, worin sie ein Auge erblicken würde, welches sich außerhalb der wirklichen Sternenkugel befände.

§. 64.

Es ist bereits oben (§. 15.) bemerkt worden, daß der Mittag durch den höchsten Stand der Sonne bestimmt wird, welchen sie an einem Tage zwischen der Zeit ihres Aufgangs und Untergangs erreicht. In dem Augenblicke nämlich, in welchem sich der Mittelpunkt der Sonnenscheibe genau in dem Meridian des Ortes (oberhalb des Horizontes) befindet, tritt der wahre Mittag für diesen Ort ein. Die

Zeit, welche zwischen diesem Mittage und dem nächstfolgenden verfließet, wird ein astronomischer Tag oder ein Sonnentag genennt, dessen 24 Stunden fortlaufend von 1 bis 24 Uhr gezählt werden. Unter dem bürgerlichen Tage versteht man aber die Zeit von einer Mitternacht (d. h. von der untern Culmination der Sonne) zur nächstfolgenden. Die Stunden werden von Mitternacht, mit welcher der neue Tag beginnt, bis zum nächsten Mittage, von 1 Uhr bis zu 12 Uhr, fortgezählt; wo dann wieder mit 1 Uhr (des Nachmittags) begonnen und bis zu 12 Uhr (der nächsten Mitternacht) fortgerechnet wird. Daher stimmt die astronomische Stundenangabe in den Nachmittagsstunden mit der bürgerlichen zusammen. So bezeichnet z. B. die Nachmittagsstunde 4 Uhr 20 Minuten dieselbige Zeit bei jeder dieser Tagesbestimmungen. — Soll dagegen die bürgerliche Vormittags-Stundenzeit in die gleichgeltende astronomische verwandelt werden, so muß man zu jener noch 12 Stunden beifügen und den jüngst vorhergegangenen Tag rechnen. So ist z. B. die bürgerliche Zeit: am 10. April um 6 Uhr 10 Minuten des Vormittags einerlei mit der astronomischen Zeit: am 9. April um 18 Uhr 10 Minuten. Denn da der astronomische Tag des 9. Aprils mit dem Mittage um 12 Uhr beginnt, so ist nach weiteren 12 Stunden Mitternacht, mit welcher der 10. April (nach bürgerlicheer Rechnung) anfängt, für welchen dann noch 6 Stunden 10 Minuten weiter angegeben sind.

§. 65.

Da unsere Sonne nicht allein Quelle des Lichtes für alle Erdkörper ist, sondern auch durch ihre wohlthätige Wärme Alles belebt, so muß ihre nähere Kenntniß von größter Wichtigkeit seyn. Die

Frage: Was für eine Entfernung hat die Sonne von uns? ist hier wohl eine der ersten und ihre Beantwortung geht aus Folgendem hervor. Es sei (Fig. 34.) NBPG ein Meridian der Erde NP die Axe, EG der Aequator und S der Mittelpunkt der Sonne, welche gerade culminirt. In diesem Augenblicke mißt der Beobachter in A den Winkel ZAS d. h. den Abstand des Sonnen-Mittelpunkts vom Zenith, und der Beobachter in B mißt zu gleicher Zeit den ähnlichen Winkel DBS. Da jener W. mit dem W. SAC und dieser mit dem W. SBC zwei Rechte bildet, so sind auch hierdurch die beiden Winkel SAC und SBC bekannt. Nun ist der Bogen AE, als die geographische Breite von A, der (anderstwoher bestimmten) Polhöhe dieses Ortes A (§. 62.) gleich und somit bekannt. Desgleichen ist auch der Bogen BE, als Breite oder Polhöhe für den Ort B, eine bekannte Größe. Daher hat man das Maß der Winkel ACE und BCE d. h. das Maß des Winkels ACB. Da nun auch die Erdhalbmesser AC = CB bekannt sind (§. 39.), so wird in dem gleichschenkeligen Dreiecke ACB (durch die Proportion: r : sin. $\frac{1}{2}$ W. ACB = CB : $\frac{1}{2}$ AB) die Größe von AB berechnet. Nun ist auch W. CAB = W. CBA = $\frac{1}{2}$ (180° — W. ACB) und somit ebenfalls bekannt. Demnach ist auch W. ABS und W. BAS nebst W. ASB bekannt und man kann in dem Dreiecke ASB (durch die Proportion: sin. ASB : sin. BAS = AB : SB) die Größe von SB berechnen. Da nun in dem Dreiecke SBC die Seite SB und BC nebst dem Winkel SBC bekannt ist, so wird hieraus der Werth von SC d. h. der Abstand des Mittelpunktes der Sonnenscheibe von dem Centrum der Erde leicht berechnet. Befände sich der Ort B zwischen A und E, so würde der W. ACB als die Differenz der W. ACE und W. BCE gefunden, welche in diesem Falle entständen.

§. 66.

Dieser Winkel bei S, von zwei Linien gebildet, welche sich aus dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe nach den Beobachtungsorten A und B auf der Erde hin erstrecken, heißt der parallactische Winkel oder kürzer die Sonnenparallaxe. Befindet sich die Sonne (wie in Fig. 34.) über dem Horizonte, so wird der, ihrem jedesmaligen Stande entsprechende Winkel die Höhenparallaxe genennt. Gesetzt nun, es befände sich (Fig. 35.) der Mittelpunkt der Sonne im Zenith Z des Erdortes A und man könnte aus dem Centrum der Erde C ungehindert nach Z sehen, so bildeten die Gesichtslinien CZ und AZ nur eine gerade Linie CAZ und bei Z entstände kein Winkel. In B bildet sich durch die Gesichtslinien AB und CB der parallactische Winkel CBA, in D der Winkel CDA und in S, wenn die Sonne im Horizonte von A steht, wo denn W. SAG = 90°, ist CSA die Parallaxe, welche nunmehr die Horizontalparallaxe der Sonne heißt, und die größte von allen ist. Denn, wenn sich das Dreieck DAC um C so drehet, daß CD in die Lage CS kommt, so muß es, da DA < DC, folglich auch DA < SC ist, und CA sich gleich bleibt, in der Lage SaC erscheinen, wobei W. aSC = W. ADC < W. ADC ist. Sie beträgt im Mittel den kleinen Winkel von 8, 8 Secunden (ungefähr) woraus in dem rechtwinkeligen Dreiecke SAC durch die Proportion: r : sec. W. ACS = AC : CS die Entfernung SC berechnet werden kann, welches, bei AC = 1, für CS die Größe von 23439 Erdhalbmessern gibt, d. h. es würden 11719½ Erdkugeln in gerader Linie vor einander gegen die Sonne hin gestellt, von unserm Wohnplatze bis zur Sonne reichen. Da nun der Durchmesser der Erde ungefähr 1719 deutsche Meilen beträgt, so ist die Entfernung der Erde von der Sonne eine gerade

Linie von ungefähr 11719½ × 1719 d. h. von mehr als 20 Million deutschen Meilen. Setzte man die Horizontalparallaxe der Sonne nur = 8, 7 Secunden, so würde ihr Abstand von uns schon 215 Halbmesser der Erde mehr betragen, als soeben berechnet worden ist. Daher darf man sich nicht wundern, wenn die Angaben dieser Entfernung nicht genau übereinstimmend gefunden werden.

§. 67.

Auf ähnliche Art (§. 65, 66.) kann auch die Parallaxe unseres Mondes und dessen Abstand von dem Centrum der Erde gefunden werden. Die mittlere Horizontalparallaxe (denn da er uns bald näher bald entfernter ist, so muß auch sein parallactischer Winkel bald etwas größer, bald kleiner seyn) desselben ist = 57 Minuten ungefähr, woraus in dem rechtwinkeligen Dreiecke SAC (worin nun S den Mittelpunkt des Mondes und SA den Horizont vorstellt) die Entfernung CS = 60 Erdhalbmesser (beiläufig) gefunden wird. Es reichen demnach 30 in gerader Linie nach dem Monde voreinander gestellte Erdkugeln bis zum Monde hin, dessen Abstand demnach ungefähr 30 × 1719 oder 51570 deutsche Meilen beträgt. Da nun diese Zahl in der Entfernung der Sonne von der Erde etwa 400mal enthalten ist, so sagt man gewöhnlich, daß 400 Mondes-Abstände von uns dem Abstande der Sonne von der Erde gleich seien. Diese Angaben sind indessen nicht durchaus genau, sondern dienen hier dazu, um die ungefähren (von der Wahrheit jedoch nicht gar sehr abweichenden) Entfernungen bequem zu übersehen.

§. 68.

Das Licht, welches die uns umgebenden Körper sichtbar macht, pflanzet sich den von leuchtenden Punk-

ten, welche es ausstrahlen, nach allen Richtungen hin geradlinig fort; so, daß sich diese Lichtstrahlen durch gerade Linien versinnlichen lassen, welche aus dem leuchtenden Punkte rings um ihn her in dem körperlichen Raume gezogen werden. Ebenso senden auch die nicht selbstleuchtenden, sondern nur erleuchteten Körper das von ihnen zurückgeworfene Licht nach allen Richtungen hin geradlinig aus. Nun sei AB (Fig. 36.) ein erleuchteter Gegenstand und O der Ort des Auges, so stellen AO und BO zwei Lichtstrahlen vor, welche von den Grenzpunkten A und B zur Pupille (d. h. zu jener feinen Oeffnung, welche dem Lichte den Eintritt gestattet) desselben gelangen und hier den Winkel AOB bilden, welcher der Sehwinkel oder der optische Winkel genennt wird. Rückte das Object AB weiter vom Auge weg, so würde dieser Winkel kleiner; käme es ihm näher, so müßte er größer werden. Wenn man aus andern Erscheinungen des Gegenstandes, z. B. aus der Deutlichkeit, womit wir ihn (im Ganzen oder in seinen Theilen) erblicken u. dgl. nicht auf dessen Größe schließen kann, wie dieses bei sehr entfernten Objecten der Fall ist, so kann dieselbe nur durch die Größe des Sehwinkels bestimmt werden; d. h. jenes Object scheint größer, welches unter einem größern Sehwinkel wahrgenommen wird, und umgekehrt. Daher wird er auch die scheinbare Größe genennt. — Es kann demnach der kleinere Gegenstand CD eben so groß als der größere AB erscheinen, da beide einerlei Sehwinkel AOB = COD haben. Wäre EB = CD, so würde dieses Object darum größer als jenes erscheinen, weil W. COD > W. EOB ist. Bewegte sich ein Körper in der nämlichen Zeit von A nach B, in welcher ein anderer von C nach D schreitet, so würden beide dem Auge in O gleichgeschwind in dieser Bewegung erscheinen, und

doch bewegte sich A geschwinder als B, da AB > CD ist. Wenn (Fig. 37.) A und B, C und D, E und F gleichweit unter sich abstehende Bäume (einer Allee) sind und O der Ort des Auges ist, so erscheinen die Abstände AB, CD, EF unter den Winkeln AOB, COD, EOF, welche immer kleiner und kleiner werden, je mehr sie vom Auge entfernt sind. Daher scheinen auch die entferntern Bäume immer näher und näher beisammen zu stehen, d. h. die ganze Baumreihe scheint sich allmählig zu verengen, und (wenn sie sehr lang ist) in einem Punkte zusammen zu laufen. Auch scheinen die entferntern Bäume (obwohl an sich von ungefähr gleicher Höhe) immer kleiner zu werden.

§. 69.

Nun sei (Fig. 38.) DEBG die Scheibe des Vollmondes und A das Auge eines Beobachters auf der Erde, so wird ihr Durchmesser DB (im Mittel) unter einem Sehwinkel von 31′ 6″ erblickt, d. h. es ist W. DAB = 31′ 6″. Denkt man sich die Linie AC, so ist das Dreieck ACB bei C rechtwinkelig und W. CAB, d. h. der scheinbare Halbmesser des Mondes ist = 15′ 33″. Da die Größe von AC = 60 Erdhalbmesser (§. 67.) bekannt ist, so kann hieraus die wirkliche Größe des Mondes berechnet werden. Es ist nämlich in dem Dreiecke ACB r : tang. W. CAB = AC : CB, d. h. r : tang. 15′ 33″ = 60 : CD, woraus Log. CD = Log. tang. 15′ 33″ + Log. 60 — Log. r wird. Nun ist

Log. tang. 15′ 33″	= 7,6554595
Log. 60	= 1,7781513
Log. der Summe	= 9,4336108
Log. r	= 10
Log. CB	= 0,4336108 — 1,

welches für CB den Werth = 0,2714 gibt, d. h. der Radius des Mondes beträgt 0,2741 vom Halbmesser der Erde. Setzt man diesen = R, jenen = r, so ist

$$R : r = 1 : 0{,}2714$$ oder, für r = 1,

$$R : 1 = 10000 : 2714$$ und

$$R = \frac{10000}{2714} = 3{,}68;$$

daher ist auch $r : R = 1 : 3{,}68$, d. h. der Halbmesser (somit auch der Durchmesser) der Erde ist 3,68 mal größer als jener des Mondes. Heißt man die Mondesscheibe f und den größten Kreis der Erde F, so ist $f : F = 1 \times 1 : 3{,}68 \times 3{,}68$, oder $f : F = 1 : 13{,}54$ ungefähr, da sich diese Kreisflächen wie die Quadratzahlen ihrer Radien verhalten. — Da der Durchmesser des Vollmondes unter einem Winkel von 31′ 6″ erscheint, welcher nur etwas weniges größer als die Hälfte eines Grades beträgt, so zeigen zwei unmittelbar nebeneinander gedachte Vollmondscheiben die ungefähre Größe eines Grades für die Himmelskugel an.

§. 70.

Ganz auf ähnliche Art kann auch die Größe der Sonne bestimmt werden, wenn man den Sehwinkel ihres Durchmessers und ihren Abstand von der Erde kennt. Wenn (Fig. 38.) DEBG nunmehr die Sonnenscheibe und A das Auge des Beobachters auf der Erde bedeutet, so lehrt diese Beobachtung, daß der Sehwinkel des Sonnendurchmessers DB (welcher bald etwas größer, bald kleiner erscheint) im Mittel 32′ 4″ beträgt. Aus dem Vorhergehenden (§. 66.) ist aber bekannt, daß AC = 23439 Erdhalbmesser ist. Dieses gibt nun folgende Rechnung:

r : tang. W. CAB = AC : CB, d. h.

r : tang. 16′ 2″ = 23439 : CB,

woraus Log. CB = Log. tang. 16′ 2″ + Log. 23439 — Log. r wird. Nun ist aber

$$\begin{aligned} \text{Log. tang. } 16' \, 12'' &= 7{,}6687531 \\ \text{Log. } 23439 &= 4{,}3698094 \\ \hline \text{Summe} &= 12{,}0385625 \\ \text{Log. r} &= 10 \\ \hline \text{Log. CB} &= 2{,}0385625. \end{aligned}$$

Da nun zu diesem Logarithmus die Zahl 109,28 gehört so ist der Radius der Sonnenscheibe so groß als 109,28 Erdradien, oder es beträgt derselbe soviel als 54,64 Erddurchmesser, d. h. der Halbmesser der Sonne ist = 54,64 × 1719 = 939,2616 deutsche Meilen ungefähr. — Es könnten demnach in den Sonnendurchmesser **DB** von **D** nach **B** nicht weniger als 109 Erdkugeln neben einander gestellt werden. Da nun unser Mond sich in einer Entfernung von etwa 60 Erddurchmessern von der Erde befindet, so könnte sich in dem Raume der Sonnenscheibe nicht nur unser Mond frei um ihr Centrum bewegen, sondern es bliebe noch ein Abstand bis zur Grenze von mehr als 109 – 60 d. h. von 49 Erddurchmessern übrig, welcher mehr als $\frac{1}{3}$ dieser Mondesweite von uns beträgt. Dieß gibt einen deutlichen Begriff von der ungeheuern Größe des Sonnenkörpers gegen die (verhältnißmäßig) kleine Erde, welche wir bewohnen.

§. 71.

Aber, sind denn Sonne und Mond bloße Scheiben, wie sie uns scheinen, oder, wie es der Wahrscheinlichkeit gemäß ist, wirkliche Kugeln oder kugelähnliche Körper? — Wenn man die Sonnenscheibe fortwährend beobachtet, so zeigen sich in ihr kleiner und größer erscheinende dunkele Stellen, welche man Sonnenflecken genennt hat. Obwohl diese Flecken öfters ihre Gestalt und Größe verändern, so zeiget sich dennoch die beständige Erscheinung, daß sie von Tag zu Tag vom östlichen Sonnenrande her (also von unsrer Linken zur Rechten)

durch die Sonnenscheibe fortrücken und nach etwa 14 Tagen an ihrem westlichen Rande wiederum verschwinden. Dann kommen sie nach ungefähr eben dieser Zeit abermals am östlichen Rande zum Vorschein, um eben dieses Phänomen zu wiederholen. Dabei wird noch im Besondern wahrgenommen, daß ihre Bewegung von der Linken zur Rechten anfangs langsamer, in der Mitte der Sonnenscheibe am geschwindesten und dann am westlichen Rande wiederum langsamer stattfindet. — Hieraus folgt nun offenbar, 1) daß der Sonnenkörper sich um eine Axe dreht, welche Umdrehung in etwa 25 Tagen 10 Stunden bis zu 25 T. 14 St. vollendet wird; 2) daß die Sonne keine Scheibe (wenn gleich auch von bedeutender Dicke) sondern ein kugelförmiger Körper sei. Denn nur die Kugel kann sich dem Auge in großer Ferne, ringsumher betrachtet, kreisförmig darstellen; 3) muß die Richtung, nach welcher diese Axendrehung der Sonne stattfindet, von Abend nach Morgen hin gehen; indem, wenn sie die entgegengesetzte wäre, die Flecken vom westlichen Rande nach dem östlichen durch die Scheibe sich fortbewegen müßten.

§. 72.

Auch der Mond ist ein kugelförmiger, jedoch nicht selbstleuchtender, sondern von unserer Sonne erleuchteter Körper. Eine bekannte Erfahrung lehrt, daß derselbe bisweilen, bei heller Luft, am westlichen Himmel bald nach Untergang der Sonne in sichelförmiger Gestalt erscheint; so, daß die Erhabenheit seiner Begrenzung gegen den Ort der Sonne gerichtet ist. Da man nun hierbei auch das Ergänzungsstück zur ganzen Mondesscheibe, jedoch nur sehr düster erblickt, so ist klar, daß dieser bei weitem größere Theil derselben nicht selbstleuchtend ist. Eben dieses sehr schwachen Lichtes wegen

scheint auch dieses Stück einem kleineren Kreise anzugehören, als das hellerleuchtete sichelförmige. Da nun dieses helle von zwei ungleich converen Kreisbogen begrenzte Stück des Mondes von Tag zu Tag zunimmt; der dunklere Theil dagegen abnimmt und bald nicht mehr sichtbar wird; da jener Theil immer nach unserer Sonne hingerichtet, dieser aber von ihr mehr und mehr abgewendet ist, so kann der Mond nicht selbstleuchtend seyn, sondern muß seine Erleuchtung von der Sonne empfangen. Bei dem Vollmonde geht derselbe in der östlichen Himmelsgegend auf, wenn die Sonne in Westen untergegangen ist und hier erblicken wir, zwischen beiden stehende, Erdbewohner die ganze Scheibe erleuchtet, weil diese uns zugekehrt ist. Da nur eine (nicht selbstleuchtende) Kugel diese kreisförmig begrenzte erleuchtete Sichelgestalten bilden kann, so muß unser Mond auch eine kugelähnliche Gestalt haben. Auch nimmt man wahr, daß der Mond nicht nur die Fixsterne bedeckt, indem er, zwischen uns und ihnen vorübergehend, dieselbe für uns unsichtbar macht, sondern daß er auch bisweilen sogar vor der Sonne vorübergeht und einen bald größern, bald kleinern Theil ihrer Scheibe bedeckt, d. h. dieselbe mehr oder weniger verfinstert. Sowohl dieser Lichtwechsel des Mondes, als auch die Verfinsterung der Sonne wird weiter unten ausführlicher betrachtet. Demnach ist unser Mond nicht nur kein selbstleuchtender, sondern auch ein undurchsichtiger kugelähnlicher Körper.

§. 73.

Da durch das Bisherige die Sonne als eine leuchtende, die Erde und ihr Mond als eine dunkele und gar sehr viel kleinere Kugel erwiesen ist, so muß sowohl hinter dem Erdkörper als auch hinter unserm Monde ein Schatten gebildet werden, und

es ist nöthig, die Verhältnisse dieses Schattens genauer kennen zu lernen. Wäre in L (Fig. 39.) ein leuchtender Punkt und AB ein auf der Ebene MN lothrecht stehender undurchsichtiger Körper, so würde LAD jenen Lichtstrahl vorstellen, welcher über die Grenze A dieses Körpers hinweg bei D auf dieser Ebene eintrifft. Demnach wäre BD die Schattenlänge dieses Körpers. Zwischen N und D, z. B. in E, würde man über A hinweg den Punkt L noch erblicken, da die Gesichtslinie EAH unterhalb L fällt. Zwischen D und B dagegen, z. B. in G, könnte dieser Punkt L nicht mehr wahrgenommen werden, indem die Gesichtslinie GAI oberhalb desselben fällt. — Wäre dagegen AB (Fig. 40.) eine leuchtende Kugel, so würde von ihrem obern Rande A der Lichtstrahl ACE und von dem untern Rande B der Lichtstrahl BCF über den obersten Punkt C des Körpers CD gegen die Ebene MN so fortgepflanzt werden, daß jener in E, dieser in F auftrifft, und DF wäre die ganze Länge des Schattens. Ein Auge in H würde, nach der Gesichtslinie HCK, noch die ganze leuchtende Kugel AB oberhalb C erblicken. In F sieht man, nach FCB, den untern Rand B genau über C; in I nur noch das Stück QA nach ICQ und in E den obern Rand A nach der Richtung ECA. Zwischen E und D aber, z. B. in P, kann AB durchaus nicht mehr wahrgenommen werden, da die Gesichtslinie PCR oberhalb AB fällt. Daher nennt man DE den Kernschatten und FF den Halbschatten, bei welchem letzteren die Beleuchtung von E gegen F hin stufenmäßig lebhafter wird, bis sie in F und von F nach N hin zur vollen Erleuchtung übergeht.

§. 74.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß die Größe des Halbschattens EF, unter sonst gleichen Umstän-

den, von der Größe des Winkels FCE oder ACB abhängig ist. Rückte die leuchtende Kugel weiter von CD weg, so würde der Winkel ACB und somit auch der Halbschatten EF kleiner; bei ihrem Näherrücken würde er größer. Bliebe der Abstand der Kugel von CD der nämliche; würde aber diese Kugel selbst größer, so müßte auch der Winkel ACB und mit ihm der Halbschatten EF zunehmen. Eine kleinere leuchtende Kugel gäbe aber im Gegentheile auch einen kleinern Halbschatten. Da nun unsere Sonne als eine aus allen ihren Punkten lichtausspendende Kugel anzusehen ist (§. 71.), so muß jeder rund oder scharfkantig geformte Erdkörper, welcher ihrem Scheine ausgesetzt ist, nicht blos einen Kernschatten, sondern auch einen Halbschatten auf jener Ebene zeigen, worauf er sich befindet. Bedächte man hierbei nur die ungeheuere Größe des Sonnenkörpers, welche unsere Erde um mehr als das Millionfache übertrifft (§. 70.), so möchte es scheinen, als betrüge dieser Halbschatten etwas Bedeutendes. Da aber die Entfernung der Sonne von uns die Zahl von 20 Million Meilen übersteigt (§. 66.), so wird derselbe dadurch wieder gar sehr vermindert und kann somit, nach dem Sehwinkel (§. 68.), worunter uns die Sonne erscheint, und welcher ungefähr (§. 70.) 32′ 4″ beträgt, keine bedeutende Ausdehnung (in gewöhnlichen Fällen) bei unsern Erdkörpern haben. Indessen muß der Zeichner und Maler auf diesen Halbschatten Rücksicht nehmen, damit seine Darstellungen nicht unnatürlich und steif werden.

§. 75.

Es sei nunmehr die Kugel um A (Fig. 41.) eine leuchtende, jene um K, von gleicher Größe, eine dunkele, so verbinde man ihre Mittelpunkte A und K durch die gerade Linie AK, errichte in A den Durchmesser IC, in K den Durchmesser EG senkrecht

auf diese AK und ziehe die geraden Linien IEM und CGN, so müssen, weil AI = KE = AC = KG ist, auch bei I, E, G und C rechte Winkel seyn. Daher ist IEM und auch CGN eine Tangente für beide Kreise IBCD und EFGH, und auch für beide Kugeln, welche aus der Umdrehung dieser Kreise um IC und EG entstehen. Da nun diese Tangenten zugleich auch die Grenzstrahlen bilden, welche von der leuchtenden Kugel um A nach der dunkelen um K gerichtet sind, so ist klar, daß die Halbkugel IBC zur Beleuchtung der dunkeln verwendet und die Halbkugel EHG von jener erleuchtet wird. Zugleich erkennt man, daß der hinter dieser letztern zur Rechten gebildete Schatten, dessen Grenzen die parallelen Linien EM und GN (ringsumher) sind, die Gestalt eines senkrechten Cylinders haben müsse, dessen Grundfläche ein Kreis = EFGH ist und der nach seiner Länge sich darum ins Unendliche hin erstrecken muß, weil sich die über M und N verlängerten Linien IEM und CGN niemals durchschneiden können.

§. 76.

Nun sei aber die Kugel um AC (Fig. 42.) die größere und leuchtende, jene um BE die kleinere dunkele und AB die Entfernung ihrer Mittelpunkte. Man beschreibe über AB den Halbkreis AMB, nehme AH = AC — BE, trage nun diese Linie von A nach H in den Halbkreis als Sehne, verlängere sie bis zum Durchschnittspunkte C, ziehe HB, errichte auf sie aus B den Radius BE lothrecht und ziehe die gerade CEG, so muß diese eine den beiden Kreisen gemeinschaftliche Tangente seyn. Denn der Winkel AHB, welcher als Peripheriewinkel auf dem Durchmesser AB steht, ist ein rechter. Da nun auch W. CHB = W. EBH = R und HC = BE ist, so muß CEBH ein Rechteck

und W. HCE = W. BEC = R seyn. Demnach steht die gerade VCEG auf den beiden Halbmessern AC und BE senkrecht und ist deßhalb (nach einem bekannten Satze der Geometrie) für beide Kreise eine Tangente. Auf gleiche Art bildet die gerade Linie WDFG die zweite Tangente unterhalb der Mittelpunktslinie AB.

Da W. AHB = R, so ist W. HAB < R und es muß daher W. CAB + W. ACE < 2R seyn. Demnach müssen die über B und E verlängerten Linien AB und CE sich nothwendig einmal in G durchschneiden, wo denn der W. CGA = W. HBA ist. — Ebenso erkennt man leicht, daß die über F verlängerte Tangentenlinie DF in eben diesen Punkt G eintreffen müsse.

§. 77.

Da nun, wegen der geradlinigen Verbreitung des Lichtes, diese Tangenten CEG und DFG jene Strahlen vorstellen, welche die leuchtende Kugel A zur Beleuchtung der dunkeln Kugel B verwendet, wobei es sich von selbst versteht, daß man diese Grenzstrahlen rings um die beiden Kugeln herlaufend und dieselben allwärts in der Peripherie eines Kreises berührend betrachten muß, so ist klar, daß nur der dem Bogen CID entsprechende Theil von A zu dieser Beleuchtung verwendet; dagegen der dem Bogen ESF zukommende Bogen jenes Stück der Kugel B bestimmt, welches von der Kugel A erleuchtet wird. Wird nun aus A auf AB das Loth aAb und aus B auf BA das Loth mBn errichtet, so ist aIb der größere und mSn der kleinere Halbkreis. Da aber ab mit mn, AC mit BE und AD mit BF gleichlaufend ist, so muß auch W. aAC = W. mBE = W. bAD = W. nBF seyn, d. h. das die Kugel um B erleuchtende Stück der Kugel A, oder CID, beträgt um so viel weniger als die Halbkugel aIb,

als der beleuchtete Theil der dunkeln Kugel, oder ESF, mehr als ihre Halbkugel mSn beträgt. Endlich geht hieraus hervor, daß der von der Kugel um B gebildete Schatten EGF die Gestalt eines Kegels habe, dessen Grundfläche der Kreis um den Durchmesser von E nach F und dessen Spitze der Punkt G ist. Man nennt ihn den Schattenkegel und BG ist seine Länge.

Wäre die Kugel um B die leuchtende, jene um A die beleuchtete, so würde diese einen Schatten bilden, dessen Grundfläche der Kreis um den Durchmesser von C nach D ist und dessen Seitenbegrenzung, nach der Lage der Linien CV und DW, auseinanderlaufend wäre. Wegen seiner Aehnlichkeit mit der Gestalt eines Bechers wird er becherförmig genennt, und man erkennt sehr leicht, daß er sich hinter der Kugel um A ins Unendliche hinerstreckt, weil alle Grenzstrahlen desselben, wie CV und DW, auseinanderlaufende Linien sind.

§. 78.

Aus dem Abstande der Mittelpunkte der Kugeln um A und B (Fig. 42.) d. h. aus der gegebenen Linie AB, und aus dem Halbmesser AC der größern und BE der kleinern Kugel kann die Länge des Schattenkegels d. h. die Linie BG leicht berechnet werden. Denn da HB mit CG gleichlaufend ist, so muß das Dreieck AHB dem Dreiecke ACG und auch, wegen AH parallel mit BE, dem Dreiecke BEG ähnlich seyn. Daher hat man HA : AB = EB : BG, oder, wenn AC = R, BE = r und AB = d gesetzt wird,

R — r : d = r : BG, woraus BG = $\frac{d \times r}{R - r}$ wird und somit berechnet werden kann. Denkt man sich unter der Kugel um A unsere Sonne und unter jener um B die Erde, und will die Länge

des Schattenkegels dieser letztern berechnen, so ist hier für BE = 1, der Werth von AC = 109,28 (§. 70.) und jener von AB = 23439 (§. 70.) Daher wird R — r = 108,28 und d = 23439. Folglich ist nunmehr BG = $\frac{23439}{108,28}$ = 216,46, d. h. der Schattenkegel der Erde erstreckt sich über 216 Erdhalbmesser weit, oder mehr als 185652 deutsche Meilen hinter dem Erdkörper hin in den allgemeinen Weltraum.

§. 79.

Auf ähnliche Art kann auch die Länge des Schattenkegels berechnet werden, welchen unser Mond bildet, wenn noch seine Entfernung von der Sonne bekannt ist. Es sei (Fig. 43.) S die Sonne, D die Erde, M der Mond, und man nehme an, dieser befinde sich gerade zwischen der Sonne und Erde. Hier ist AC = 23439 . r (§. 66.) wo r den Erdradius bedeutet und BC = 60 . r (§. 67.); folglich wird AC — BC = AB, d. h. die Entfernung des Mondes von der Sonne, oder d = 23439 . r — 60 . r = 23379 . r. Es ist aber R (der Halbmesser der Sonne) = 109,28 . r und r (als Radius des Mondes) = 0,2714 . r (§. 69. 70.) folglich wird nunmehr $BI = \frac{d \, . \, r}{R - r} = \frac{23379 \, . \, r \, . \, r}{109,28 \, . \, r - 0,2714 \, . \, r}$ $= \frac{23379 \, . \, r}{109,0086} = 214,46 \, . \, r$ d. h. bei diesem Stande des Mondes gegen die Sonne hat dessen Schattenkegel eine Länge von mehr als 214 Erdhalbmessern. Da nun BC, d. h. der Abstand des Mondes von der Erde, nur etwa 60 solcher Halbmesser beträgt (§. 67.), so erstreckt sich dieser Schattenkegel noch weit hinter die Erde in den allgemeinen Weltraum hin. Denn $\frac{214}{60}$ = 3,566 ... und gibt für BI mehr als $3\frac{1}{2}$ mal die Entfernung BC.

Es würde daher bei dieser Stellung der drei Himmelskörper der Theil EV des Mondschattens dieses Flächenstück der Erde (was durch den Bogen EV ringsumher auf der Erdoberfläche bestimmt ist) bedecken und den Bewohnern desselben wäre der Anblick der Sonne entzogen, d. h. es entstände für sie eine Sonnenfinsterniß. Das Nähere davon wird weiter unten folgen.

§. 80.

Daß die Sonne an der täglichen Umdrehung des Firsternhimmels insoweit ebenfalls Antheil nimmt, als sie uns binnen 24 Stunden einmal auf- und untergeht, ist bereits oben (§. 15.) mehrfach bemerkt worden. Allein sie zeigt noch außer dieser gemeinschaftlichen Bewegung ein ihr eigenthümlich zukommendes höchst merkwürdiges Fortschreiten am Himmel, was nun näher betrachtet werden muß. Es sei NOSW (Fig. 44.) der Horizont des Ortes C, PCE die Erdare, W. PCN die Polhöhe, PASEQP der Meridian des Himmels und AWQOA der Aequator, so wird bekanntlich die Ebene des Gesichtskreises von der Meridianebene in der geraden Linie NS und von der Aequatorialebene in der geraden OW geschnitten, welche Linie auf NS in C lothrecht steht. Es liege der Ort C auf der nördlichen Halbkugel, so ist N der Nord-, S der Süd-, O der Ost- und W der Westpunkt. Auch muß der W. PCO und W. PCW. ein rechter seyn, weil der Meridian auf dem Horizonte senkrecht steht. Wird nun in der zweiten Hälfte des März von Tag zu Tag der Aufgang der Sonne beobachtet, so lehrt die Erfahrung, daß dieser anfangs zur Rechten von O, dann aber immer mehr gegen O hin und bald wirklich in O selbst, d. h. in Osten stattfindet. Denkt man sich nun unter CO ein nach dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe gerichtetes Fernrohr, so wird das Auge

in C den Sonnenaufgang bequem beobachten können. Es sei dieses Fernrohr mit einer unbeweglichen nach dem Himmelspole P gerichteten geraden Linie CP unter dem rechten Winkel PCO verbunden und könne um diese BP, als feststehende Axe, im Kreise umherbewegt werden, so wird man sich leicht denken, daß es hierdurch in die Lage von CA, CW, CQ und dann auch wieder in jene von CO kommen müsse, d. h. es wird seine verlängerte Gesichtslinie sich stets innerhalb der Ebene des Aequators OAWQO bewegen. Nun lehrt die Erfahrung, daß man durch diese Umdrehung des Tubus CO die (am Anfange dieses Tages) über O emporsteigende Sonne nicht nur bis zu ihrer Culmination in A, sondern auch während ihres allmähligen Herabsinkens von A nach W bis zu ihrem Untergange in W immerwährend verfolgen kann, wenn das Auge in C durch denselben nach dem Himmel sieht. Die Sonne beschreibt also von ihrem Aufgange in O bis zum Untergange in W den Halbkreis OAW des Aequators, in den zwei Quadranten OA und AW, an diesem Tage. Die andere Hälfte des Aequators WQO wird sodann unterhalb des Horizontes OWN während der Nacht von ihr zurückgelegt und kann von Jenen beobachtet werden, welche sich auf der untern Hemisphäre der Erde befinden. Der Aufgang hat in der Frühe um 6 Uhr (beiläufig) der Untergang des Abends um 6 Uhr (ungefähr) statt.

§. 81.

Fortgesetzte Beobachtungen über diesen Ort des Sonnenaufgangs im Horizonte lehren, daß derselbe (in den letzten Tagen des März, während des ganzen April und Mai u. s. f.) allmählig nach 1, 3, 5 u. s. f. gegen Norden hin fortrückt, wobei die Sonne, wenn sie in 1. aufgeht, den halben Tagbogen 1.2. beschreibt, welcher größer ist als der

Aequatorialquadrant OA. In 3. ist 3. 4., in 5. ist 5. 6. dieser halbe Tagbogen. So scheint die Sonne sich bis in der zweiten Hälfte des Junius hin, bei ihrer Culmination, von A nach 2, 4, 6, bis B in dem Meridian, und, bei ihrem Aufgange, von O nach 1, 3, 5, bis m im Horizonte fortzubewegen, bis einmal der Bogen AB beinahe 23½ Grad beträgt. Nun geht sie in m auf, beschreibt den halben Tagbogen mB, culminirt in B und bewegt sich durch die zweite Hälfte Bn dieses Tagbogens bis zu ihrem Untergangspunkte in n. Ihr ganzer Tagbogen mBn ist demnach der größte von allen frühern, seine Ebene durchschneidet den Horizont in der geraden Linie mn und der Bogen nDm bezeichnet jenes Stück des täglichen Sonnenlaufs; welches unterhalb des Gesichtskreises liegt. Weil nun der Bogen mBn viel größer als der Bogen nDm ist, so muß jenen Erdorten, welche den Winkel PCN zur Polhöhe haben, der Tag am größten und die Nacht am kleinsten seyn. Der Bogen AB bestimmt daher die größte nördliche Declination der Sonne und der mit dem Aequator parallellaufende Kreis BnDm, welcher bei B von A und bei D von Q um 23½ Grad entfernt ist, wird der Wendekreis des Krebses (Tropicus cancri) genennt.

§. 82.

Dann nun erblickt man, zufolge der fortgesetzten Beobachtungen, die Sonne wieder von Tag zu Tag, sowohl bei ihrem Aufgange als bei ihrer Culmination, in einer rückgängigen Bewegung von m nach O und von B nach A. Ihre Tagebogen über dem Gesichtskreise werden stufenmäßig täglich kleiner, bis sie wieder in der zweiten Hälfte des Septembers im Punkte A erscheint und den Aequator AWQO in 24 Stunden durchwandert. Von hier an lehrt

nun die weitere Beobachtung, daß ihr täglicher Aufgangsort von Osten nach Süden d. h. von O nach S hin in dem Horizonte fortrückt, so wie sie bei ihren Durchgängen durch den Mittagskreis von A in dem Bogen AFS gegen F hin forschreitet. Bei dieser Bewegung gegen Süden hin werden die oberhalb des Gesichtskreises liegenden Bogen ihrer täglichen Bahn immer kleiner, die unterhalb desselben fallenden dagegen immer größer. Einmal beträgt nun (in der zweiten Hälfte des Dezembers) diese südliche Declination am meisten und man findet, daß der Bogen AF = $23\frac{1}{2}°$ ist. Ebenso ist sie nun auch im Horizonte in d aufgegangen und der Bogen Od (dem Bogen Om an Größe gleich) hat nun seine größte Länge erreicht. In F beschreibt daher die Sonne den mit dem Aequator parallelen Kreis FgHd in 24 Stunden, dessen bei weitem kleinerer Theil dFg über; der weit größere gHd dagegen unter dem Gesichtskreise liegt. Daher ist hier der Tag viel länger als die Nacht. Dieser mit dem Aequator ebenfalls gleichlaufende Kreis FgHd wird der Wendekreis des Steinbocks (Tropicus capricorni) genennt und dg ist die Durchschnittslinie, welche er mit der Horizontalebene bildet. Auch überzeugt man sich leicht, daß, für den Stand der Sonne in F, ihr Tagbogen dFg nun dem Nachtbogen mDn für ihren Stand in B entspricht, so wie umgekehrt ihr Nachtbogen gHd, bei jener Stellung, ihrem Tagbogen mBn in dieser Stellung vollkommen gleich ist. Das Mittel zwischen beiden ist der halbe Bogen OAW oder OQW des Aequators.

§. 83.

Auf solche Art besteht diese uns erscheinende jährliche Bewegung der Sonne in einem fort-

gesetzten sich gleichmäßig wiederholenden pendelartigen Hin- und Herschreiten zwischen den beiden Wendekreisen, welche an der Himmels- wie auf der Erdkugel eine Zone BAFHQDB (Fig. 44.) einschließen, deren Breite BF = 2 × 23½°, d. h. 47° beträgt. Außerhalb der Grenzen dieses Gürtels kann demnach die Sonne niemals, weder mehr gegen Norden (nach P) noch gegen Süden (nach S) hin erblickt werden. Der Aequator steht in ihrer Mitte und theilt sie in zwei einander vollkommen gleiche Theile BAWQDmB und AFgHQOA; so, daß jene in der nördlichen, diese in der südlichen Halbkugel sich befindet. Wenn man diese regelmäßige Bewegnng des Sonnenkörpers von A nach B hin, dann von B nach A zurück bis in F und jetzt wieder von F durch A nach B u. s. w. genauer erwägt, so wird es wohl wahrscheinlich, daß sie keine wirkliche, sondern eine bloß scheinbare seyn möge. Wie indessen dieser Schein aufgedeckt und die Wahrheit gefunden werden könne, bleibt einer spätern Untersuchung vorbehalten. Hier aber sollen zunächst jene wichtige Folgerungen abgeleitet werden, welche aus dieser nördlichen und südlichen Declination der Sonne hervorgehen, und welche zugleich durch Benützung eines künstlichen Erdglobus sehr erläutert werden können.

§. 84.

Es ist bereits aus dem Frühern bekannt, daß jene Lage der Himmels- und Erdkugel die schiefe genennt wird, wobei die Polhöhe d. h. der Winkel PCN (Fig. 44.) ein spitzer ist. Steht nun die Sonne hier in A im Aequator, welchen sie in 24 Stunden zu durchlaufen scheint, so wird auch die ganze Erdoberfläche während dieser Zeit nach und nach von der Sonne erleuchtet (§. 76.) und da der

Horizont NOSW den Aequator AWQOA in zwei Halbkreise OAW = WQO theilt, so muß der Tag (der Zeit nach) so groß als die Nacht seyn, d. h. jener währt, gleich dieser, 12 Stunden lang. Ebendarum hat man diesem Kreise den Namen Aequator d. h. Gleicher oder Ausgleicher gegeben, weil nunmehr Tag und Nacht sich gleich stehen in ihrer Dauer. Befindet sich die Sonne, in der zweiten Hälfte des März, im Punkte A, so beginnt der Frühling und A heißt der Frühlingspunkt oder auch der Frühlings-Aequinoctialpunkt. Mit dem allmähligen Fortschreiten der Sonne von A nach B hin nehmen ihre oberhalb des Horizontes befindlichen Bogen, folglich auch die Tage selbst, immer mehr zu, bis, für ihren Stand in B, wobei der Bogen BA = 23½ Grad ist (§. 83.) der größte Tagesbogen mBn durchlaufen wird, welcher nun den längsten Tag erzeugt. Zugleich entspricht der Bogen nDm unterhalb des Gesichtskreises, der kürzesten Nacht. Der Punkt B heißt der Sommer-Solstitialpunkt. Von B gegen A hin nehmen dann die Tage wieder eben so stufenmäßig ab, bis in A selbst das Herbst-Aequinoctium eintrifft, welches wiederum Tag und Nacht gleich macht. Von A gegen F hin werden nun die Tagbogen und somit auch die Tageslängen immer kleiner, bis in dem zweiten Solstitialpunkte F, wo der Bogen AF wiederum 23½ Grad beträgt, der kleinste Tagesbogen dFg und mit ihm auch der kürzeste Tag; dagegen die längste Nacht, welcher der Bogen gQd entspricht, eintritt. Von hier nähert sich die Sonne wieder dem Aequator, wobei die Tageslängen allmählig zu- die Nachtlängen wiederum abnehmen, bis in A selbst der Frühlingspunkt abermals erreicht wird, bei welchem nunmehr der Lauf eines ganzen Jahres abgeschlossen ist.

§. 85.

Mit dieser periodischen Zunahme und Abnahme des Tageslängen steht auch der Wechsel der Temperatur und somit der physische Charakter der Jahreszeiten in engster Verbindung. Denn das Sonnenlicht ist nicht blos leuchtend, sondern auch durch seine Strahlen wohlthätig erwärmend. Da die Sonne, vom Frühlingspunkte A nach B declinirend, den auf der nördlichen Halbkugel der Erde liegenden Ländern weit mehr Licht und Wärme, und jenes nach weniger schiefer Richtung, zusendet, als den auf der südlichen Hemisphäre gelegenen, so muß dort der Sommer, mit erhöhetem Maße von Wärme und Licht; hier aber der Winter, bei Verminderung von beiden, eintreten. Frühling und Herbst stehen zwischen diesen zwei Jahreszeiten, und gleichen die Gegensätze des Sommers und Winters durch mittlere Erleuchtung und Erwärmung wiederum aus. Daß aber der physische Sommer und Winter sich nicht augenblicklich mit dem astronomischen einstellt, hat seinen Grund darin, weil die Erde erst einer allmählich zunehmenden Erwärmung bedarf, um zur Sommerhitze zu gelangen, so wie sie umgekehrt die im Sommer ihr mitgetheilte Wärme erst stufenmäßig verliert, bis die eigentliche Winterkälte sich zeigen kann. Uebrigens hängt die Bildung des Wetters nicht einzig und allein von dem Stande der Sonne gegen die Erde ab.

§. 86.

Bei der geraden Lage der Himmelskugel (§. 52.) steht der Aequator AWQO (Fig. 45.) auf dem Horizonte NDSW lothrecht. Folglich ist, wenn die Sonne sich im Frühlingspunkte A befindet, OAW ihr Tagbogen, welcher ebenfalls auf dem Gesichtskreise senkrecht steht. Ist nun N der Nordpol, so

werden auch die zunächst folgenden Tagkreise der Sonne, wenn sie bei ihrer nördlichen Declination nach 1, 2, 3... fortrückt, ebenfalls eine solche Lage haben, bis die Sonne, wenn der Bogen AH = $23\frac{1}{2}$ Grad ist, sich im Wendekreise des Krebses (§. 81.) befindet, welcher Kreis HqIp dann auch wieder lothrecht auf dem Horizonte steht. Bei dem Zurückbewegen der Sonne nach A und dann bis zum Punkte F, wobei der Bogen AF wieder $23\frac{1}{2}$ Grad beträgt, sind ebenfalls alle ihre Tagkreise senkrecht auf diesen Horizont gerichtet. Da der Gesichtskreis alle diese Tagkreise der Sonne während des ganzen Jahres halbirt, d. h. da pHq, OAW, nFm u. s. f. Halbkreise sind, so haben die unter dem Erdäquator liegenden Länder das ganze Jahr hindurch einen Tag von 12 Stunden und eine Nacht von ebenfalls 12 Stunden. Da die Sonne aber zweimal des Jahres am Mittage in ihrem Scheitelpunkte, d. h. in A steht und sich auch bei ihrer größten Abweichung nach Norden und Süden nicht weiter als um AH und AF, d. h. um $23\frac{1}{2}$ Grad nach H und nach F, von diesem Scheitelpunkt (zur Mittagszeit) entfernt, so muß in dieser Erdzone stets eine große Erdwärme herrschen. Man nennt daher den zwischen den beiden Wendekreisen HI und FG liegenden (47 Grade breiten) Erdgürtel die heiße Zone.

§. 87.

Betrachtet man dagegen die parallele Stellung der Himmelskugel (§. 53.) welche auf der Erde stattfindet, wenn der Pol sich im Scheitelpunkte des Ortes zeigt, so sei (Fig. 46.) ABQD der Horizont, NS die Erd- und Himmelsaxe, so ist NBSDN ein Meridian, welcher diesen Gesichtskreis, der hier zugleich auch der Aequator ist, in der geraden BCD schneidet, und die Punkte B, Q, D, A stellen

in der genannten Ordnung den Nord-, Ost-, Süd- und Westpunkt des Himmels dar, wenn N als Nordpol genommen wird. Denn wenn sich nun die Sonne im Frühlingspunkte (§. 84.) Q befindet, und hier sich über den Horizont zu erheben beginnt, d. h. den Bewohnern des Nordpols aufgeht, so beschreibt sie an diesem Tage den Tagkreis QDAB, welcher mit dem Horizonte zusammenfällt. Daher kann Q der Ost- (Aufgangs-) Punkt genennt werden. Am nächsten Tage ist sie von Q etwas näher nach F hingerückt und beschreibt einen Tagbogen, welcher ringsumher sich nur um Weniges über den Gesichtskreis erhebt. So fährt sie fort, sich in Schraubengängen allmählig, ohne auch nur einmal unterzugehen, bis zum Punkte F ($23\frac{1}{2}$ Grad von Q) zu erheben, um an diesem Tage den Wendekreis des Krebses (§. 81.) FNEm zu durchlaufen und in ihm die größte Höhe zu erreichen, die inzwischen nur $23\frac{1}{2}$ Grad beträgt und durch den Winkel FCQ gemessen wird, dessen Ebene auf dem Gesichtskreise lothrecht steht. Hierauf steigt die Sonne wieder in solchen mit dem Horizonte fast vollkommen parallelen Tagkreisen während eines Vierteljahres herab, und gelangt mit ihrem Eintritt in den Aequator nach Q, um den Herbst zu beginnen. Von jetzt an aber weicht sie von Q nach G hin ab, verbirgt sich unterhalb des Gesichtskreises, um nach einem weitern Vierteljahre diesen Punkt G ($23\frac{1}{2}$ Grad von Q) zu erreichen, hier den Wendekreis des Steinbocks Gq Hp (§. 82.) zu durchwandern und Winters-Anfang zu bilden. Von da nähert sie sich dem Frühlingspunkte Q wieder, um nach einem abermaligen Vierteljahre in dem Punkte Q die Zeit des Jahres abzuschließen. Während nun der Nordpol N auf diese Art ein halbes Jahr lang Tag hat, indem ihm die Sonne niemals untergeht, herrscht am Südpole S eine halbjährige Nacht, und umgekehrt. Daß hierbei

Licht und Wärme auf diese Polargegend nur sehr gering einwirken können, geht sehr einfach daraus hervor.

§. 88.

Aus dieser dreifach verschiedenen Lage der Himmelskugel geht auch in Bezug auf die Schatten, welche die auf dem Horizonte senkrecht stehenden Erdkörper bilden, eine besondere Eigenthümlichkeit und lehrreiche Anwendung hervor, welche durch das Bisherige leicht verständlich wird.

1) Die Bewohner des Aequators haben zweimal im Jahre [wenn sich die Sonne in **A** (Fig. 44.) befindet] zur Mittagszeit gar keine Schatten. Denn die Sonne steht bei ihrer obern Culmination in ihrem Scheitelpunkte und der Schatten eines auf der wagrechten Ebene lothrecht stehenden Stiftes muß in dessen Fußpunkt, d. h. in sich selber fallen.

2) Declinirt die Sonne von **A** nach **B**, (wenn **P** der Nordpol ist) so fallen die Schatten solcher lothrecht stehenden Körper des Mittags um 12 Uhr gegen Süden hin, bis dieselben, wenn die Sonne in **B** selbst eintrifft, am Mittage dieses Tages zugleich auch am größten werden, weil die Sonne an diesem Tage ihre kleinste Mittagshöhe hat.

3) Weicht die Sonne dagegen von **A** nach **F**, d. h. nach Süden ab, so sind die Schatten der lothrecht stehenden Körper zur Mittagszeit nach Norden hin gerichtet und erscheinen am größten, wenn die Sonne, bei Durchwanderung des Wendekreises **FgHd**, an diesem Tage culminirt, weil sie nunmehr ihre niedrigste Mittagshöhe hat.

4) Wer zwischen dem Aequator und dem Wendekreise des Krebses **BnDm** wohnt, z. B. bei 6, hat die Lage, nach welcher der senkrecht stehende Stift zur Mittagszeit seinen Schatten immer nach Norden hinwirft, während die Sonne sich von **F** nach **A**

und von hier bis 6. bewegt. Im Punkte 6. steht sie aber zur Mittagszeit im Zenith und es entsteht kein Schatten. Bei ihrem Fortschreiten von 6. bis **B** hat der Schatten die Richtung nach Süden und wird (als Mittags-Schatten) am größten, wenn die Sonne den Wendekreis **BnDm** durchläuft und an diesem Tage im Meridian steht.

5) Körper, welche sich zwischen dem Wendekreise **BnDm** und dem Pole **P** befinden, haben Schatten, welche, wenn die Sonne culminirt, immer von ihrem Fußpunkte nach Norden hin gerichtet sind. Sie zeigen sich (genau am Mittage) am kürzesten, wenn die Sonne in **B**, und am längsten, wenn sie in **F** steht. Auf ähnliche Art ist es mit Körpern, welche sich zwischen dem Wendekreise des Steinbocks **FgHd** und dem Südpole **E** befinden, deren Schatten stets nach Süden gewendet sind, wenn es Mittag ist. Für den Stand der Sonne in **F** sind sie jetzt am kürzesten; für ihren Stand aber in **B** am längsten im ganzen Jahre.

6) Unter den Erdpolen bewegen sich die Schatten solcher lothrecht auf dem Horizonte stehenden Körper auf diesem Gesichtskreise, der kreisförmigen Horizontalbewegung der Sonne entsprechend, ebenfalls stets im Kreise umher; sind (für den Nordpol **P**) am längsten, wenn die Sonne in **A** steht, am kürzesten, wenn sie in **B** sich befindet. Aehnliches gilt für den Südpol **E**. Hieraus ist es klar, welche Erdbewohner unschattige, einschattige, zweischattige und umschattige genennt werden.

§. 89.

Nach den bisher entwickelten Lehren ist die überzeugende Beantwortung der Frage: Dreht sich der gesammte Fixsternhimmel, mit Einschluß unsrer Sonne, innerhalb 24 Stunden um die Erde; oder ist jene tägliche Bewegung nur Schein und durch eine wirk-

liche Axendrehung dieses letztern veranlaßt (§. 58.) von besonderer Wichtigkeit. Da aber sowohl zu ihrer erschöpfenden Beantwortung, als zur gründlichen Darstellung anderer astronomischen Wahrheiten einige Vordersätze aus der Lehre von den Kräften erforderlich sind, so müssen diese hier eingeschalten werden.

Da keine Veränderung in der uns umgebenden Körperwelt, sie sei noch so unbedeutend oder noch so auffallend, ohne wirkende Ursache stattfinden kann, so nennt man diese, alle Naturerscheinungen hervorbringenden Ursachen, die Kräfte oder Naturkräfte. Es ist aber jede Naturerscheinung durch Bewegung bedingt d. h. ohne Bewegung ist kein äußeres Phänomen denkbar. Man wähle sich irgend ein bekanntes Beispiel. Wenn zu reinem Wasser eine kleine Portion Kochsalz gebracht wird, so entsteht bekanntlich eine Auflösung d. h. das Salz, zuvor ein fester Körper, verliert seine Festigkeit und wird so innig mit den Wassertheilchen vereinigt, daß auch das beste Microscop in einem Tröpfchen dieses Salzwassers kein einzelnes Salztheilchen mehr unterscheiden kann. Eine so innige Verbindung des Wassers mit dem Salze, wodurch nun ein neues Ganzes entstanden ist, konnte offenbar nicht ohne Bewegung der Salztheilchen gegen die Wassertheilchen, und umgekehrt dieser gegen jene stattfinden. Ebenso ist es in allen andern Fällen. — Da indessen die Kräfte nicht immer eine wirkliche Bewegung erzeugen, sondern oft so gegen einander wirken, daß sie den Zustand des Gleichgewichtes oder der Ruhe hervorbringen, so nennt man mit Recht dasjenige eine Kraft, was entweder eine wirkliche Bewegung hervorbringt, oder eine Bewegung hemmt oder aufhebt, die sonst statt gefunden hätte. So äußert z. B. der Anker, welcher verhindert, daß das Schiff der Stromkraft folgt, ebenfalls eine Kraft,

weil er die bewegende Kraft des fließenden Wassers aufhebt. Wenn wir auf unserer Hand einen Stein tragen und ihn hierdurch gegen den Fall schützen, so fühlen wir die Kraft, die unser Arm anwenden muß, um dieses zu bewirken u. s. w.

§. 90.

Bei jeder Kraft (§. 89.) kann man zweierlei unterscheiden; die Richtung, nach welcher sie wirkt und den Grad von Stärke (Intensität), womit sie wirkt. Kennt man Beides, so ist die Natur der Kraft bestimmt. Nun besteht aber auch die Natur einer begrenzten geraden Linie AB (Fig. 47.) in ihrer Richtung von A nach B oder von B nach A und ihrer Größe AB oder BA. Daher dienen die geraden Linien zu sehr zweckmäßigen Versinnlichungsmitteln der Kräfte, und wenn man von einer Kraft AB spricht, so heißt dieses soviel, als eine Kraft, welche ein Bewegliches in A nach der Richtung AB so beweget, daß dieses in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Secunde, den Raum AB zurücklegte. Die Kraft CD ist eine andere als AB, indem sowohl ihre Richtung von C nach D, als auch ihre Intensität (denn sie würde das Bewegliche in einer Secunde hier nur durch den kleinern Raum CD bewegen) eine andere ist.

Denkt man sich nun in A (Fig. 48.) ein Bewegliches, welches von einer nach Ax wirkenden Kraft so afficirt würde, daß dieses in einer Secunde den Raum AB zurücklegte, und nimmt dabei an, daß diese Kraft nur ein einzigesmal auf das Bewegliche wirkte, so muß dieses auf der geraden Linie Ax ohne alles Ende so fortschreiten, daß in der 2ten Secunde der Raum BC = AB, in der 3ten Sec. der Raum CD = BC u. s. f. zurückgelegt würde, d. h. die Bewegung würde eine gleichförmige oder eine solche seyn, bei welcher in glei-

chen Zeiten auch gleich große Räume durchlaufen werden. — Nimmt man aber an, ein Bewegliches werde in A gegen AZ mit der Kraft AB in der 1ten Sec. von A nach B bewegt und im Anfange der zweiten Secunde wiederhole sich eben diese Kraft mit gleicher Stärke, so muß in der 2ten Sec. der doppelte Raum BC = 2 AB beschrieben werden. Wirkte am Anfange der 3ten Sec. dieselbige Kraft wieder von neuem ein, so würde in dieser Secunde zu dem doppelten Raume BC noch der primitive AB kommen und der Gesammtraum in dieser 3ten Sec. wäre CD = 3 AB. Auf gleiche Weise würde in der 4ten Sec. der 4fache, in der 5ten Secunde der 5fache, in der 20ten Sec. der 20fache, in der nten Sec. der nfache Raum beschrieben werden, wenn sich die nämliche Kraft = AB von Sec. zu Sec. wiederholte. Es wachsen demnach bei dieser Annahme die Räume gerade so wie die Zeiten, binnen welchen sie zurückgelegt werden.

§. 91.

Man kann sich aber auch eine Kraft denken, welche nicht in getrennten Pausen, sondern in jedem Momente der Zeit, d. h. ununterbrochen oder stetig auf ein Bewegliches einwirkt, wobei noch angenommen wird, daß diese Kraft stets nach einerlei Richtung hinstrebt und an Intensität sich gleich bleibt. Hieraus geht schon im Allgemeinen hervor, daß das Bewegliche in gleichen Zeiten immer größere Räume zurücklegen d. h., daß die Bewegung eine beschleunigte seyn müsse. Auch übersieht man, daß diese Räume nach einem bestimmten Gesetze anwachsen müssen, indem die Kraft, welche dieses Größerwerden veranlaßt, sich immer gleich bleibt. Allein, wie findet man dieses Zahlengesetz der immer größer werdenden Räume? — Man denke sich unter folgender Reihe von Zahlen eine mit 1

beginnende und bis zu 3n fortlaufende Reihe gleicher Zeitmomente, nämlich:

1 2 3 4 .... n n + 1 .... 2n + 1 ... 3n

und nehme an, eine Kraft wirke dergestalt auf das Bewegliche ein, daß sie sich im Anfang jedes dieser Momente mit gleicher Stärke und nach derselbigen Richtung hin wiederhole, so werden, wenn der in dem Momente 1 beschriebene Raum auch = 1 gesetzt wird, die den folgenden Momenten entsprechenden Räume gerade so wachsen, wie es die Zahlen dieser Reihe darstellen (§. 90.). Somit stellt diese Reihe auch die Räume dar, welche in den aufeinanderfolgenden Zeiten beschrieben werden. Da sie aber eine arithmetische Progression bilden, so kann man durch Summirung ihrer Glieder sehr leicht den Totalraum finden, welcher in den ersten n, 2n, 3n der ihnen zugehörigen Zeitmomenten zurückgelegt wird. Setzt man diese Räume für die Zeit n = $\mathfrak{r}$; für 2n = r und für 3n = **R**, so wird (nach der bekannten Regel, wodurch man die Summe der Glieder einer arithmetischen Progression findet, wenn das erste Glied zum letzten addirt und diese Summe durch die halbe Anzahl aller Glieder multiplizirt wird) da für $\mathfrak{r}$ auch die Gliederzahl = n, für r diese Zahl = 2n und für **R** diese Zahl = 3n ist, nunmehr

$$\mathfrak{r} = (1 + n)\,\frac{n}{2}$$

$$r = (1 + 2n) \text{ und}$$

$$R = (1 + 3n)\,\frac{3n}{2}.$$

Nimmt man nun an, die Kraft wirke stetig d. h. in jedem auch noch so kleinen Momente der Zeit, so enthält die Zeit n eine unendlich große Menge dieser Momente, gegen welche der erste Moment und somit auch der erste Raum (= 1)

verschwindet. Daher wird nun, für die Annahme einer ununterbrochen wirkenden Kraft,

$$\mathfrak{r} = n \times \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2}$$

$$r = 2n \times n = 2n^2 \text{ und}$$

$$R = 3n \times \frac{3n}{2} = \frac{9n^2}{2}.$$ Demnach

verhält sich:

$$\mathfrak{r} : r : R = \frac{n^2}{2} : 2n^2 : \frac{9n^2}{2} \text{ d. h.}$$

$$\mathfrak{r} : r : R = n^2 : 4n^2 : 9n^2 \text{ oder}$$

$$\mathfrak{r} : r : R = 1 : 4 : 9.$$

§. 92.

Hierdurch ist folgendes allgemeine Gesetz erwiesen: Wenn eine Kraft stetig auf ein Bewegliches einwirkt, und der in der ersten Zeit (z. B. in einer Secunde) beschriebene Raum = 1 gesetzt wird, so ist der in der ersten und zweiten Zeit (z. B. in zwei Sec.) zurückgelegte Raum = 4, d. h. das Vierfache des primitiven Raums; der in der ersten, zweiten und dritten Zeit durchlaufene Raum = 9, d. h. das Neunfache des primitiven. Es verhalten sich demnach die in den zusammengenommenen Zeiten beschriebenen Räume wie die Quadratzahlen dieser Zeiten. Der in den ersten 10 Secunden beschriebene Raum ist demnach das 100fache des in der 1ten Secunde durchlaufenen u. s. w.

Da in den ersten zwei Secunden der Raum 4 beschrieben wird und in der ersten allein der Raum 1, so gehört der zweiten Sec. ein Raum = 4 — 1 = 3 an. In den ersten 3 Sec. ist der Raum = 9, in den ersten 2 Sec. ist er = 4; folglich gehört der dritten Sec. ein Raum = 9 — 4 = 5 zu. Demnach nehmen die in einzelnen Zeiten

zurückgelegten Räume so zu, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9... welche wieder die Eigenschaft haben, daß die Summen: 1 + 3; 1 + 3 + 5; 1 + 3 + 5 + 7; 1 + 3 + 5 + 7 + 9 die vollkommenen Quadratzahlen: 4, 9, 16, 25 u. s. f. bilden.

§. 93.

Nun entsteht die Frage: Hat diese bisher (§. 91, 92.) entwickelte Theorie auch eine wirkliche Anwendung in der Natur oder ist sie blos eine theoretische Speculation? — Ihre Beantwortung hängt davon ab, ob es auf unserer Erde eine stetig wirkende Kraft gebe oder nicht. Die Schwerkraft (§. 1.) ist nun wirklich eine solche. Denn der an einem Faden hängende Stein zieht denselben nicht in getrennten Pausen der Zeit, sondern ununterbrochen, in jedem Augenblicke abwärts. Die Schwerkraft wirkt demnach ebenfalls ununterbrochen auf diesen Körper ein. Demnach sind die Erdkörper deswegen schwer, weil sie in jedem Augenblicke in lothrechter Richtung (§. 2.) gegen den Mittelpunkt des Erdkörpers gezogen werden. Der freie Fall der Körper muß demnach den oben (§. 91, 92.) entwickelten Gesetzen unterworfen seyn. Wie groß aber der in der ersten Zeitsecunde durchlaufene Raum (der primitive Fallraum) sei, kann keine bloß theoretische Berechnung lehren; es müssen vielmehr Beobachtungen und Versuche hierüber angestellt werden. Der Erste, welcher dieses unternommen hatte, war der Italiener Galilei. Nach ihm betrug der Fallraum in der ersten Secunde genau 15 römische Fuß. Da der Fall so sehr schnell stattfindet, so darf man sich nicht wundern, daß diese Zahl nicht vollkommen der Wahrheit entspricht. Sehr genau beträgt dieser Fallraum in der ersten Secunde eine Höhe von 15,625 rheinl. Fuß. Daher

fällt der Körper in der *zweiten* Secunde durch $3 \times 15{,}625$, d. h. durch 46,875, in der *dritten* Secunde durch $5 \times 15{,}625$, d. h. durch 78,125 rhein. Fuß u. s. w. In den ersten zwei Secunden ist dieser Fallraum $= 4 \times 15{,}625 = 62{,}5$; in den ersten drei Secunden ist er $= 9 \times 15{,}625 = 140{,}625$; in den ersten 10 Secunden betrüge er $100 \times 15{,}625$ oder 1562,5 rheinl. Fuß. Wäre demnach ein Körper 10 Secunden lang frei herabgefallen, so hätte er einen Raum von 1562,5 rheinl. Fuß durchlaufen. Setzt man die Fallzeit, in Secunden ausgedrückt, $= n$, den totalen Fallraum $= r$, so ist immer $r = n^2 \cdot 15{,}625$ rheinl. Fuß. Da man hieraus sehr leicht $n = \sqrt{\frac{r}{15{,}652}} = \sqrt{r} \times \sqrt{\frac{1}{15{,}625}} = \sqrt{r} \times \sqrt{0{,}064}$ findet, so läßt sich aus einer gegebenen *Fallhöhe* die ihr entsprechende *Fallzeit* in Secunden bestimmen. Für $r = 100$ wird $n = \sqrt{0{,}064} \times \sqrt{100} = 0{,}25298 \ldots \times 10 = 2{,}5298 \ldots$ d. h. um aus einer Höhe von 100 rheinländischen Fuß herabzufallen, braucht der Körper eine Zeit von 2,5298 . . . Secunden.

§. 94.

Die bisher betrachtete (§. 89—93.) Bewegung heißt eine *einfache*, weil sie nur durch *eine* Kraft veranlaßt worden ist. Wirken aber zwei oder mehrere Kräfte zugleich auf ein Bewegliches ein, so entsteht eine *zusammengesetzte* Bewegung. Der einfachste Fall einer solchen Zusammensetzung hat dann statt, wenn *zwei* Kräfte (deren jede einzelne eine *gleichförmige* Bewegung hervorbringen würde) zugleich wirken. Es sei in A (Fig. 49.) das Bewegliche und es wirken zwei Kräfte AB und AC *zu gleicher Zeit* und *auch nach der nämlichen Richtung* AM auf dasselbige ein, so ist klar, daß sie nach *ihrer Summe* wirken, da keine der andern entgegengesetzt ist. Das Bewegliche bewegt sich

daher in derselbigen Zeit, worin es die eine Kraft nach B, die andere nach C gebracht hätte, von A nach D; so, daß AD = AB + AC ist. — Sind aber die beiden Kräfte EG und EF, welche zugleich auf das Bewegliche in E wirken, einander gleich und entgegengesetzt, so heben sie sich beide auf und E muß in Ruhe bleiben. Wenn aber das Bewegliche in H von den entgegengesetzt wirkenden, aber ungleichen Kräften HI und HK, deren jene von H nach I, diese von H nach K wirkt, zugleich afficirt wird, so denke man sich die Kraft HL = HI und es würden diese beide einander gegenseitig aufheben. Es bleibt aber noch ihre Differenz, d. h. LK frei wirkend übrig. Demnach muß das Bewegliche in H mit HK—HI, d. h. mit der Kraft LK von H gegen K fortschreiten. — Hierdurch lassen sich auch leicht die Resultate entwickeln, welche stattfinden, wenn mehr als zwei Kräfte theils nach einerlei, theils nach gerade entgegengesetzter Richtung auf ein Bewegliches zugleich einwirken.

§. 95.

Zwischen den beiden Fällen der vollkommnen Uebereinstimmung und des vollkommnen Gegensatzes zweier Kräfte (§. 94.) liegt der dritte, nach welchem sie unter irgend einem Winkel zusammenwirken. Es werde z. B. das Bewegliche in A (Fig. 50.) von den beiden Kräften AB und AC, welche einander gleich sind und den Winkel BAC bilden, zugleich afficirt, so muß es offenbar nach einer Richtung AD fortschreiten, welche gerade in der Mitte des Winkels BAC liegt. Denn aus demselbigen Grunde, woraus eine andere Richtung desselben, z. B. nach AE folgte, müßte es sich auch nach AF bewegen, wenn W. BAE = W. CAF gemacht würde. Allein zu-

gleich kann es nicht nach diesen beiden Richtungen fortschreiten. Folglich gibt es nur eine Richtung nach AD für dasselbe.

Wenn aber die zwei auf M zugleich wirkenden Kräfte MN und MO einander ungleich sind, so wird die Richtung und Größe der mittlern Kraft gefunden, wenn man über MN und MO das Parallelogramm MNQO beschreibt und die Diagonale MQ zieht, welche das Bewegliche in derselbigen Zeit durch die Zusammenwirkung beider Kräfte durchlaufen wird, in welcher die Linien MN und MO einzeln durchlaufen worden wären. Bewegte sich nämlich die Linie NM mit dem unveränderlichen Winkel NMO und mit gleichförmiger Bewegung (§. 90.) von M nach O, während der Punkt M, ebenfalls gleichförmig, von M nach N auf dieser Linie MN fortschreitet, so muß dieser Punkt die Diagonale MQ durchlaufen. Denn, kommt MN in die Lage ab, worin Ma = $\frac{1}{4}$MO ist, so ist auch der Punkt M auf dieser MN um $\frac{1}{4}$MN, d. h. von M nach p fortgerückt, und es ist ae = Mp. Kommt MN in die Lage cd, worin Mc = $\frac{1}{2}$MO, so ist der Punkt M auf MN bis q (wobei Mq = $\frac{1}{2}$MN) fortgerückt und wiederum ch = Mq. Für die Lage nm, worin Mn = $\frac{3}{4}$MO wird, ist wieder nv = Mr = $\frac{3}{4}$MN u. s. w. Demnach ist die Bewegung von M nach Q aus den beiden Bewegungen von M nach N und von M nach O zusammengesetzt. Diese Bewegungen werden aber durch die Kräfte MN, MO und MQ hervorgebracht, indem sie das Maß dieser Kräfte sind (§. 90.). Folglich bewirken die vereinigten Kräfte MN und MO ebensoviel, wie die einzige Kraft MQ. Dieser Satz, einer der wichtigsten in der Mechanik, heißt das Parallelogramm der Kräfte, die Kräfte MN, MO werden die beiden äußern, MQ wird die mittlere genennt. Ebenso

einleuchtend ist es nun auch, daß man eine Kraft, z. B. MQ in zwei äußere MN und MO verwandeln kann, wenn über diese MQ irgend ein Parallelogramm construirt wird, wo denn die an M liegenden zwei Linien diese äußern Kräfte vorstellen. Man nennt dieses: eine Kraft in zwei andere auflösen oder zerlegen.

§. 96.

Nach diesen Vorbereitungslehren (3. 89 — 95.) können nunmehr folgende direkte Beweise über die wirkliche Axendrehung der Erde gehörig verstanden werden.

Wenn EDHMN (Fig. 51.) unsere Erde und CDA einen über die Oberfläche bei D verlängerten Radius vorstellt, so ist klar, daß der aus dem Punkte A auf die ruhende Erde frei herabfallende Körper die Linie AD beschreiben müsse, welche auf dem Horizonte EDH lothrecht steht. Es ist hier D der unter A senkrecht liegende Punkt. Nun haben aber mehrfache, von Benzenberg und Guglielmini mit der größten Vorsicht und Genauigkeit angestellte Fallversuche gelehrt, daß ein aus bedeutender Höhe (z. B. aus der Kuppel einer sehr hohen Kirche) frei herabfallendes Kügelchen a (Fig. 52.) nicht genau auf dem senkrecht unter ihm liegenden Punkt n, sondern (in unserer nördlichen geographischen Lage) etwas südöstlich von demselben auftrifft; so, daß diese Abweichung bei einer Fallhöhe von 200 bis 240 Fuß mehrere Linien beträgt. Je größer die Höhe ist, von welcher die kleine Kugel herabfällt, desto mehr entfernt sie sich auch von diesem Punkte auf dem Boden. Es muß demnach das fallende Kügelchen im ersten Momente seines Falles, außer der Schwerkraft, noch von einer andern Kraft afficirt werden, welche ihm eine südöstliche Richtung ertheilt.

Diese Kraft kann aber keine andere als jene seyn, welche aus dem Umschwung des Erdkörpers um seine Axe entsteht. Nimmt man nämlich an, die Erde ABCD (Fig. 53.) drehe sich in 24 Stunden um die Axe NS (wo N den Nordpol, S den Südpol bedeuten soll) so ist, da AOC auf NS rechtwinkelig steht, A ein Punkt des Aequators, welcher innerhalb dieser Zeit einen Kreis mit dem Halbmesser OA beschreibt, während die Punkte n und m solche Kreise mit den Radien nq und mp zurücklegen, welche immer kleiner werden, je näher sie bei dem Pole liegen. Der Punkt A hat demnach die größte, n eine kleinere und m abermals eine kleinere Schwungkraft, welche, wenn die Erde sich von Westen gegen Osten hin um ihre Axe dreht (§. 58.) ebenfalls von Abend gegen Morgen gerichtet ist. Gesetzt nun, es falle die Kugel a, in einer Höhe von 240 Fuß oberhalb des Aequators befestigt, frei herab, so wird sie offenbar von zwei Kräften getrieben; von der Schwere, welche sie genau nach A und von der in a stattfindenden Schwungkraft, welche sie (hier genau) ostwärts zu bewegen strebt. Daher entsteht eine aus beiden zusammengesetzte (§. 95.) Bewegung, vermöge welcher sie hier, vom Punkte A aus fallend, in Bezug auf den unter A liegenden Lothpunkt, auch genau nach Osten hin auf dem Boden eintreffen muß. Fällt die Kugel aus t, in der verlängerten qn herab, so wirkt die Schwere nach t O, die Schwungkraft aber nach einer auf qt lothrecht stehenden und nach Osten gewendeten Richtung. Aus beiden zusammen muß, da die Richtung t h der Schwerkraft südlich von n gerichtet ist, auch eine nach Südosten gerichtete Fall-Linie hervorgehen. Da nun dieses Letztere die wirklichen Versuche gelehrt haben, so ist auch das Erstere d. h. eine wirkliche Axendrehung der Erde hierdurch bewiesen.

§. 97.

Gegen diese tägliche Axendrehung der Erde könnten nun einige Einwürfe gemacht werden. Es möchte nämlich scheinen, als wenn ein von bedeutender Höhe herabfallender Körper darum westwärts von dem lothrecht unter ihm liegenden Punkte eintreffen müßte, weil sich dieser Punkt, während der Zeit seines Falles, um etwas nicht Unbedeutendes nach Osten fortbewegt hat. Allein eben darum, weil z. B. die Spitze eines sehr hohen Thurmes eine noch größere Schwungkraft nach Osten hin besitzt, als dessen Fußpunkt, muß auch der aus bedeutender Höhe fallende Körper mit erhöheter Kraft uach Osten hin getrieben werden, wodurch er somit auch östlich (oder, auf der nördlichen Halbkugel, südöstlich (§. 96.) von seinem Lothpunkte auf dem Boden eintrifft. —

Setzt man den Umfang des Aequators = 5400 d. M. (§. 39.), so durchläuft jeder Punkt desselben (z. B. der Punkt A, Fig. 53.) diesen Weg in 24 Stunden; folglich in einer Stunde einen Raum von etwa 225 d. M. und in jeder einzelnen Secunde einen Weg von ungefähr 0,0625 d. M. oder von etwa 1475 rheinl. Fuß. Da diese Geschwindigkeit jener beiläufig gleichkommt, womit die aus der Kanone abgeschossene Kugel fortfliegt, so möchte es unbegreiflich scheinen, daß die Bewohner der Aequatorialgegenden eine so äußerst schnelle Bewegung, worin sie begriffen sind, durchaus nicht wahrnehmen. — Bedenkt man aber, daß alle Körper, mit Einschluß der uns umgebenden Atmosphäre, durch die Schwere mit einer die Schwungkraft weit überwiegenden Stärke hin gegen die Erde gezogen werden; daß der Umschwung der Erde mit der größten Gleichförmigkeit, d. h. so stattfindet, daß jeder Punkt in gleichen Zeiten auch gleiche Räume durchläuft; daß endlich

alle uns umgebende Körper in gleicher Bewegung mit uns selber begriffen sind, wodurch uns kein Mittel zu Gebot steht, unsere eigene Bewegung wahrzunehmen: so befinden wir uns in ähnlichem Falle, wie in einem Schiffe, welches in sanfter Bewegung stromabwärts schwimmt. Auch hier nehmen wir unsere Bewegung weder durch unser Fortschreiten selbst, noch durch die uns im Schiffe umgebenden (in gleicher Bewegung begriffenen) Körper, sondern nur dann wahr, wenn wir einen Blick auf die am Ufer befindlichen Gegenstände richten. Denn diese scheinen sich nach der entgegengesetzten Richtung hin zu bewegen. Dieß ist nun gerade so der Fall, wenn wir, von unserm Erdschiffe weg, nach den Firsternen blicken. Diese müssen sich kreisförmig von Osten gegen Westen zu bewegen scheinen, wenn wir selber uns in kreisförmigen Bahnen von Westen nach Osten drehen. — Uebrigens bewegen sich die Punkte n und m mit weit geringerer Schnelligkeit als der Punkt A, indem die Radien nq und mp, und folglich auch die Peripherien um sie, weit kleiner sind, als Radius und Umkreis des Aequators. Denkt man sich eine gerade Linie von m nach O, so ist $mp = \sin. mOp = \cos. mOA$. Da aber der W. mOA, d. h. der Bogen Am die geographische Breite des Ortes m darstellt, so können diese Halbmesser nq, mp und folglich auch ihre Umfänge leicht berechnet werden, wenn man diese Bogen An, Am u. s. f. nach ihren Zahlenwerthen kennt.

§. 98.

Um einen andern ebenfalls directen Beweis von der wirklichen Arendrehung der Erde verstehen zu können, muß hier Einiges aus der Lehre von dem Pendel eingeschalten werden. Eine gerade unbiegsame Linie ohne Schwere AB (Fig. 54.), deren unterster Punkt B allein ein schwerer Punkt ist

und welche sich an dem festen Punkte A aufgehängt befindet, wird ein mathematisches Pendel und AB seine Länge genennt. Dächte man sich unter AB irgend einen physischen Körper, z. B. einen Drath von Metall, einen Stab von Holz u. dgl., so heißt das Pendel ein physisches. — Befindet sich nun das mathematische Pendel CK in der lothrechten Lage und stellt hierbei KD die Richtung und Größe der Schwerkraft des Punktes K vor (§. 90.), so muß es in dieser Lage ruhen, da die Kraft KD durch den Aufhängepunkt C vollkommen aufgehoben wird. Bringt man aber dieses Pendel in die schiefe Lage CE, wobei der Winkel x sein Elongationswinkel genennt wird, so kann es, sich selbst überlassen, nicht ruhen. Denn die Schwerkraft EG wird in die zwei äußern Kräfte (§. 95.) Em und En zerlegt, wovon jene durch den Aufhängepunkt C vollkommen aufgehoben wird. Diese aber, als lothrecht auf CE stehend, drückt jenen Theil der Schwerkraft EG aus, mit welchem das Pendel CE in E seinen Fall nach K hin beginnt. — In der Lage CL wird die Schwerkraft Lp = EG in die beiden äußern Kräfte Lq und Lt zerlegt, wobei Lq den von dem Aufhängepunkt C aufgehobenen und Lt den noch wirksamen Theil der Schwerkraft bezeichnet. Da Lt kleiner als En ist, so folgt, daß der Fall des Pendels durch den Bogen EK zwar mit beschleunigter (§. 91.), jedoch nicht mit gleichförmig beschleunigter Bewegung (§. 91—93.) stattfindet, indem die in den folgenden Momenten der Zeit stetig fortwirkende Schwerkraft in der schiefen Lage CE am größten (= en) ist und dann stufenmäßig so abnimmt, bis sie in der lothrechten Lage CK (als fernerer Zuwachs) verschwindet. Gleichwie nun der Bogen EK mit (ungleichförmig) beschleunigter Geschwindigkeit vom Punkte E durchfallen wird, so ist klar,

daß der ihm gleiche Bogen KF mit ungleich verminderter Bewegung aufwärts steigend von diesem Punkte beschrieben werden muß; wo denn in F wieder das Fallen durch FK, in K das Steigen durch KE stattfinden wird; so, daß diese Schwingungen (der Theorie gemäß) sich ohne Ende wiederholen müßten. Es stellt demnach das mathematische Pendel ein theoretisches Perpetuum Mobile dar.

§. 99.

Man nennt den Fall des Pendels durch den Bogen EK und sein Aufsteigen durch den ihm gleichen Bogen KF eine Schwingung (Vibration) des Pendels und die dieser Bewegung zugehörige Zeit die Schwingungszeit. Diese letztere ist um so kleiner, je kleiner 1) der Elongationswinkel KCE, bei einerlei Länge CE und bei gleicher Schwerkraft; 2) je kürzer die Pendellänge, bei gleichem Elongationswinkel und einerlei Schwerkraft, und 3) je stärker wirkend die Schwerkraft selbst, bei einerlei Länge und bei gleichem Elongationswinkel ist. Die nähere Bestimmung der beiden zuerst (zu 1. und 2.) genannten Einflüsse gehört nicht hierher. Doch kann man bemerken, daß sich die durch den Fall von E nach K oder auch von L nach K in K erlangten Geschwindigkeiten wie die Sehnen dieser Bogen EK und LK verhalten. Ferner daß, bei verschiedenen Längen der Pendel, die ihnen entsprechenden Schwingungszeiten im geraden Verhältnisse der Quadratwurzeln dieser Längen stehen; so, daß z. B. ein Pendel, welches viermal so lang als ein anderes ist, in derselbigen Zeit eine Schwingung macht, in welcher das andere zwei solcher Schwingungen macht. In Betreff des zuletzt (zu 3.) genannten ist indessen klar, daß ein mathematisches Pendel MN (Fig. 55.) sich selbst überlassen, seine Schwingungen NGH,

HGN schneller vollbringen müsse, wenn die auf den Punkt N wirkende Schwerkraft = NE ist, als wenn dieselbe nur = ND wäre. Denn die Schwerkraft ist die bewegende Kraft des Pendels, d. h. die Ursache seiner Schwingungen und diese Schwingungen sind die Wirkung jener Ursache. Die Wirkung muß aber jedesmal proportional ihrer Ursache seyn. Wäre z. B. NE = 2ND, so müßte das Pendel MN im ersten Falle (wenn nur seine Länge und der Elongationswinkel unverändert bleiben) noch einmal so schnell schwingen, als in dem zweiten, oder seine Schwingungszeit wäre dort die Hälfte von dessen Schwingungszeit hier.

§. 100.

Aus diesen wenigen Bemerkungen wird schon die Anwendung des Pendels als genaues Zeitmaß begreiflich werden. Daher nennt man ein Pendel MN (Fig. 55.), welches einen Schwung NGH in einer Secunde der Zeit macht, ein Secundenpendel. Soll aber dessen Länge bestimmt werden, so muß man das mathematlsche Pendel, welches ein bloß gedachtes ist, auf ein ihm (in Bezug auf die Schwingungszeit) gleichgeltendes physisches zu bringen wissen. Denkt man sich an einem sehr dünnen ungezwirnten Hanf-Faden AB (Fig. 54.) ein sehr kleines Metallkügelchen B angebracht und setzt dieses Pendel durch sanften Anstoß in sehr kleine Schwingungen, so werden alle diese Vibrationen so genau gleichzeitig unter sich seyn, daß auch bei Hundert derselben noch keine Verschiedenheit in der Zeit zu erkennen ist. Denn die Endgeschwindigkeiten verhalten sich wie die Sehnen dieser sehr kleinen Bogen (§. 99.), welche hier alle als unter sich gleich groß angenommen werden können. Zählte man nun nach einer sehr genau gehenden Secundenuhr die Zahl der Schwingungen dieses Pendels während 100

Secunden und es fänden sich auch gerade 100 Schwingungen, so würde es genau ein Secundenpendel seyn. Machte es aber z. B. nur 90 Schwingungen, so bewegte es sich zu langsam und müßte um etwas verkürzt (§. 99.) werden. — Zeigten sich dagegen z. B. 125 Schwingungen in dieser Zeit, so müßte man es etwas verlängern (§. 90.). Nach einem Hülfssatze verhalten sich aber die Schwingungszeiten ungleich langer Pendel wie Quadratwurzeln aus dem in Zahlen ausgedrückten Maße dieser Längen (§. 99.). Folglich kann sowohl jenes Stückchen der Verkürzung, als dieses der Verlängerung berechnet und hiedurch die Länge dieses physischen Secundenpendels bestimmt werden. Sie beträgt 3 Fuß 1 Zoll 6 Linien rheinl. Maßes (ungefähr). Wenn daher ein sehr kleines Metallkügelchen an einem feinen Hanf-Faden aufgehängt, bis zu seinem Mittelpunkte dieser Länge gleich gemacht und in sehr kleine Schwingungen versetzt wird, so wird jede derselben in einer Secunde vollbracht. Es ist nämlich hierbei das sehr kleine Metallkügelchen, ohne sehr bedeutenden Fehler, dem schweren Endpunkte des blos mathematischen Pendels gleich zu achten. (§. 98). Machte man ein zweites Pendel, dessen Länge nur $\frac{1}{4}$ von diesem betrüge, so würde jede seiner Vibrationen nur $\frac{1}{2}$ Secunde währen. Gäbe man einem dritten die vierfache Länge jenes ersten, so machte dieses eine seiner Schwingungen in zwei Secunden.

§. 101.

Wäre nun ein solches Secundenpendel nach der Sternzeit (§. 55.) eingerichtet, nach welcher es von einer obern Culmination eines Fixsternes bis zur nächstfolgenden gerade 24 mal 60 mal 60, d. h. gerade 86400 Schwingungen machen müßte, und die Schwerkraft wäre auf jedem Orte der Erdober-

fläche vollkommen dieselbige, so müßte ein solches Pendel überall bei der einmaligen Umdrehung des Firsternhimmels auch genau 86400 Schwingungen machen. Die Erfahrung lehrt aber für Orte, welche, in Bezug auf einen bestimmt gewählten, näher gegen den Aequator oder näher gegen die Pole der Erde liegen, gerade das Gegentheil. Der französische Astronom Richer hatte schon i. J. 1672 auf seiner Reise nach Cayenne (einer Insel in Südamerica, welche vom Aequator nur gegen 5 Grade entfernt ist) beobachtet, daß sein Pendel, welches für Paris ein genaues Secundenpendel war, innerhalb eines Sterntages 148 Schwingungen weniger machte als zu Paris, woraus eine tägliche Verspätung von 2 Min. und 28 Secunden hervorging. Durch eine Verkürzung seiner Länge (§. 99.) um $1\frac{1}{4}$ ist es wieder zu einem vollkommnen Secundenpendel geworden. Dieses verkürzte Pendel bewegte sich aber zu Paris wieder zu geschwind und mußte dort, um 3600 Schwingungen in einer Stunde zu machen, um $1\frac{1}{4}$ verlängert werden. Auf ähnliche Weise lehrten die Beobachtungen, daß jenes Pendel, welches unter dem Aequator jeden Schwung in 1 Sec. machte, in einer Breite (§. 60.) von 20 Graden um 1 Linie; in der Breite von 52 Graden um 2 Lin. und in Petersburg (bei fast 60 Grad Breite) um $2\frac{1}{2}$ Linien länger gemacht werden mußte, um an diesen Orten ebenfalls ein Secundenpendel zu seyn. Aus diesen auch an andern Orten mehrfach wiederholten Versuchen ging die unläugbare Folge hervor, daß die Schwerkraft, als die bewegende Kraft des Pendels (§. 98.), auf der Erde veränderlich, in den Aequatorialgegenden am schwächsten, gegen die Pole hin am stärksten und in mittlern Lagen auch nach einem mittlern Maße wirksam sei. Es hat sich demnach das Pendel, seiner Empfindlichkeit wegen, als ein sehr schätzbares Werkzeug

bewiesen, um diese Veränderlichkeit der irdischen Schwerkraft überzeugend nachzuweisen. Obwohl es für die hieraus hervorgehenden Schlüsse nicht gerade nothwendig war, die Lehre von den Pendelschwingungen hier ins Einzelne zu verfolgen, sondern dieses eine Phänomen zu jenem Zwecke schon ausreicht, so schien es doch zweckmäßig, jener Bedingungen, wovon die Schwingungszeit der Pendel abhängig ist (§. 99, 100.), wenigstens historisch zu erwähnen, um die Anfänger mit ihnen bekannt zu machen.

§. 102.

Da nun die Gestalt des Erdkörpers von der Kugelform nicht sehr abweicht (§. 38.), so läßt sich diese stufenmäßige Zunahme der Schwerkraft von dem Aequator gegen die Pole hin (§. 101.) bei der ruhenden Erde durchaus nicht erklären. Denn alle Erdkörper werden mit gleicher Kraft nach ihrem Mittelpunkte gezogen und die größere Entfernung der Aequatorialpunkte von diesem Centrum gegen den Abstand der Polarländer von demselben (§. 40.) kann nicht jene so sehr bemerkbare Verschiedenheit der Schwerkraft begründen, welche aus den Pendelversuchen hervorgeht. Nimmt man aber an, der Erdkörper NASH (Fig. 56.) drehe sich in 24 Stunden um seine feststehende Axe NS, so muß der Aequatorialpunkt A schneller bewegt werden als D, weil CA > ED ist und A die größere Peripherie in derselbigen Zeit durchläuft, in welcher D die weit kleinere beschreibt. Ebenso wird m langsamer im Kreise bewegt als D, jedoch schneller als p, und die Punkte N und S bleiben durchaus ohne alle Drehung, d. h. sie ruhen. Durch die sehr schnelle Bewegung von A, welcher Punkt in jeder Sec. einen Raum von etwa 1475 rheinl. Fuß (§. 97.) zurücklegt, entsteht in A eine sehr bedeutende

Schwungkraft, d. h. eine Kraft, nach welcher die hier befindlichen Körper ein Streben erhalten, sich in lothrechter Richtung auf CA und in der Ebene des Aequators von der Erde wegzubewegen. In der That müßten sie dieser Schwungkraft folgen und von der Erde weggeschleudert werden, (wie z. B. der mit dem Ende des Stockes angespießte und durch die Kraft des Arms weit hinausgeschleuderte Apfel dieses in geringerm Maße erläutert) wenn sie nicht durch das Band der Schwere zurückgehalten würden. Es wirkt also die Schwungkraft der Schwerkraft entgegen und muß diese letztere in den Gegenden des Aequators am meisten beschränken, weil jene selber hier am mächtigsten wirkt. So wie in D, m, p diese Schwungkraft sich vermindert, so erleidet die Schwerkraft in diesen Punkten durch sie immer weniger Abbruch und muß demnach unter den Polen N und S am stärksten wirken, weil hier die Schwungkraft = o ist. Daher kann nun auch umgekehrt aus der durch Versuche bewiesenen verhältnißmäßigen Abnahme der Schwere von den Polen gegen den Aequator hin auf eine wirkliche Axendrehung der Erde geschlossen werden, und diese Pendelversuche liefern einen zweiten (§. 96.) directen Beweis von dieser Rotation des Erdkörpers um seine Axe. (Vergl. §. 58.) Andere Beweise dieser Wahrheit werden weiter unten sich ergeben; so wie indessen hier schon bemerkt werden kann, daß die bereits oben (§. 71.) nachgewiesene Axendrehung des ungeheuern Sonnenkörpers auch wohl auf eine ähnliche Bewegung bei unsrer Erde, der Analogie nach, schließen läßt.

§. 103.

Zur weitern Erläuterung dieser Schwungkraft denke man sich eine sehr große Wassermasse im leeren Raume und nehme an, daß jedes Theilchen

derselben gegen alle andern mit der nämlichen Kraft angezogen wird, auch daß alle diese Theilchen sehr leicht unter sich verschiebbar sind, so muß sich diese Masse in die Form einer vollkommnen Kugel gestalten, da nur in ihr diese Gesammtanziehung aller Theilchen der ganzen Masse vollkommen ausgeglichen wird. Auf eben diesem Gesetze beruht die Tropfenbildung aller liquiden Körper, wenn sie in kleinen Massen sich selbst überlassen sind. Es sei nun ABDE (Fig. 57.) eine solche im leeren Raume schwebende ruhende Wasserkugel. Man nehme aber an, sie bewege sich um AD als feste Axe, so wird das Gleichgewicht ihrer Theilchen nicht mehr bestehen können. Denn da nun bei B und E die größte Schwungkraft stattfindet, so werden sich die hier befindlichen Wassertheile in der verlängerten CB und CE von B und E mehr zu entfernen streben, um dieser Schwungkraft zu folgen. Es wird bei B eine Erhebung nach F, und bei E eine vollkommen gleiche Erhebung nach G (rings um diese Kugelpunkte her) stattfinden. Um diese zu bewirken, muß aber das bei A und D befindliche Wasser sich dem Mittelpunkte C nothwendiger Weise mehr annähern; so, daß A nach I, und D nach H beifließet. Aus der Kugelgestalt ABDE muß sich demnach die sphäroidische Form IFHG bilden, welche um so ablanger seyn wird, je größer die in B uud E stattfindende Schwungkraft gegen die in dieser Wassermasse herrschende Schwerkraft ist. Daß sich aber die von B bis F und von E bis G gehobenen Wassertheile, weil nun in F und G wiederum größere Schwungkräfte als bei B und E statthaben, nicht noch höher erheben können, wodurch sich eine immer mehr und mehr abgeplattete (scheibenartige) Form bilden müßte, hat seinen Grund darin, daß das Gewicht des von B nach F, und von E nach G gehobenen Wassers immer mehr und mehr beträgt, und somit

zwischen der Schwere und der Schwungkraft einmal ein Gleichgewicht entstehen muß. — Ganz auf ähnliche Weise mußte daher auch unsere Erde von der vollkommnen Kugelgestalt abweichen, sobald sie sich um eine Axe dreht. Auch hier mußten die Aquatorialgegenden (besonders die weit ausgedehnten leicht beweglichen Gewässer) sich höher erheben; die Polarländer dagegen mehr eingesenkt, d. h. abgeplattet werden. Daß dieses aber wirklich der Fall ist, haben die Gradmessungen (§. 34. u. f.) ganz unzweideutig gelehrt. Es stimmt somit die sphäroidische Gestalt unsrer Erde auf das Genaueste mit ihrer wirklichen Axendrehung überein.

§. 104.

Gleichwie nun der tägliche Auf- und Untergang der Sonne keine Folge einer wirklichen Bewegung dieses Himmelskörpers, sondern das Resultat der täglichen, mit stets gleichförmiger Bewegung fortgesetzten Axendrehung unsrer Erde ist, so könnte man auch wohl vermuthen, daß das jährliche Hin- und Herschreiten der Sonne zwischen den beiden Wendekreisen (§. 83.) die Wirkung einer ähnlichen Bewegung der Erde sei. Vielleicht wären Einige (ehe sie volle Ueberzeugung von der Wahrheit erlangt haben) geneigt, sich dieses so wichtige Phänomen folgendergestalt zu erklären. Die Linie AB (Fig. 58.) stehe durch den Mittelpunkt C des Kreises EFGIK auf seiner Ebene lothrecht und bilde mit der Linie DB einen beliebigen spitzen Winkel ABD, so sind alle Winkel ACE, ACF, ACG, ACH u. s. f., welche die AC mit den Radien dieses Kreises bildet, rechte Winkel. Berührt nun irgend eine gerade Linie ME mit ihrem Endpunkte E den Punkt E der Peripherie dieses Kreises und man denkt sich diesen Kreis um die AB, als feststehende Axe, entweder in der Richtung EFG oder nach

EKI herumgedreht, so wird jeder andere Punkt seines Umkreises, z. B. F, G, H, I, K u. s. w. ebenfalls den Endpunkt E der Linie ME berühren müssen, es habe diese ME was immer für eine schiefe Lage gegen die Ebene des Kreises um C. Denn jeder andere Halbmesser CF, CG u. s. f. kommt genau in die Lage des ersten CE. Daher kommen auch ihre Endpunkte F, G, H u. s. w. genau nach E zur Berührung des Endpunkts E von ME.

Wäre nun der Kreis um C (Fig. 59.) unsere Erde, NS ihre Axe, N der Nord-, S der Südpol, AQ der Aequator, EF der Wendekreis des Krebses, BD jener des Steinbocks und P der Mittelpunkt der Sonne, welcher sich gerade im Scheitelpunkte von A befindet, so machte sie in dieser Lage auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich (§. 84.). Es sei dieses das Frühlings-Aequinoctium. Nimmt man nun an, die Erdaxe NS, um welche die Erde täglich einmal rotirt, drehe sich in sanfter Bewegung (und innerhalb der Ebene NASQN) von Tag zu Tag so um den feststehenden Mittelpunkt C, daß N allmählig gegen G und S gegen H rückt, so wird, wenn Bogen NG = Bog. SH = 23½ Grad ist, der vorige Aequatorpunkt A in B und der Punkt E nunmehr in A fallen. Die Sonne steht demnach jetzt gerade über E, und ebenso, bei der täglichen Umdrehung der Erde, über jedem andern Punkte des Kreises um EF, d. h. sie scheint nun in 24 Stunden den Wendekreis des Krebses zu durchwandern. — Drehte sich die Erdaxe GCH dann wieder (auf gleiche Weise) rückwärts von G nach N, so würde in der Lage NS wiederum das Aequinoctium (und jetzt jenes) des Herbstes stattfinden. Bewegte sie sich aber nun weiter fort von N nach K und von S nach I; so, daß Bogen NK = Bog. SI = 23½ Grad ist, so rückte A nach E und B

nach A. — Wenn demnach die Erdaxe KI mit ihren Endpunkten K und I auf solche Weise die Bogen KNG und ISH beschriebe, so würde der Punkt E den gleichen Bogen EAB zurücklegen, und eine Bewegung dieser Punkte von G nach K und von H nach I würde das Zurückschreiten des Punktes B von B nach E zur Folge haben. So könnte also das fortgesetzte gleichförmige Hin- und Herschwanken der Erdaxe durch GNK und KNG alle Erscheinungen der verschiedenen Tageslängen und Jahreszeiten erklären, welche eine Folge von dem (oben §. 83. bemerkten) Hin- und Herbewegen der Sonne von E nach B und von B nach E sind.

Diese Erklärungsweise ist indessen unstatthaft, weil die Erdaxe NS eine stets unveränderte Lage gegen den Firsternhimmel hat (§. 47.). Wäre nun z. B. CN nach dem Nordpol des Himmels gerichtet, so würde CG um $23\frac{1}{2}$ Grad höher und CK um $23\frac{1}{2}$ Grad tiefer an dem Himmelsgewölbe eintreffen, was nicht stattfindet, da die Polhöhe (§. 62.) jedes Ortes auf der Erde das ganze Jahr hindurch unveränderlich ist.

§. 105.

Eine bessere Erklärung dieses merkwürdigen Phänomens (§. 104.) wäre folgende. Die Kugel um C (Fig. 60.) sei die Erde, NS ihre Axe, N der Nord- S der Südpol, AQ der Aequator, DnFs der Horizont, ns ihre Durchschnittslinie, der Kreis um BD der Wendekreis des Krebses, jener um FE der Wendekreis des Steinbocks und die über S verlängerte Erdaxe NS treffe in M auf eine Ebene PKLO, welche mit dem Horizonte durch DF gleichlaufend ist. Wird CG auf diese Ebene lothrecht gestellt und die Verbindungslinie MGO von unbestimmter Länge gezogen, so ist der Winkel CMO dem Winkel NCD gleich, wie aus der Stereometrie bekannt ist.

Es ist aber W. NCD = NCA — W. DCA

= 90° — 23½° = 66½°; folglich bildet die verlängerte Erdaxe NS mit der Ebene OPKL einen Winkel von 66½ Grad. Da DF mit OM parallel ist, auch nCs (als Durchschnittslinie des Aequators und Horizontes) in C auf DF (als Mittagslinie) lothrecht steht, und ferner die Punkte F, s, D, n in *einerlei Ebene* (in dem Horizonte) liegen, welche mit OPKL gleichlaufend ist, so sind auch die von F, s, D, n auf diese Ebene gezogenen Lothe alle unter sich und jedes ist dem Lothe CG gleich. Nun sei, die bei I rechtwinkelig gebogene Linie IK senkrecht auf KLOP, auch IK = CG, und es stelle a den gegen F (im Wendekreis des Steinbocks) hingewendeten Mittelpunkt der Sonnenscheibe vor, so muß die Sonne, während der einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Axe NS, diesen Wendekreis FCE (dessen andere Hälfte der Deutlichkeit wegen nicht gezeichnet ist) zu durchlaufen scheinen. Denn *jeder Punkt* des Umfanges dieses Kreises kommt (man sehe §. 104. und Fig. 58.) nach und nach an die Stelle des ersten Punktes F. Es ist somit für die Bewohner der *nördlichen* Halbkugel ANQ die Zeit des Wintersolstitiums d. h. Winters-Anfang eingetreten (§. 84.).

§. 106.

Nun sei in der Ebene, worin sich OGM befindet (§. 105.) mit dem Halbmesser GK ein Kreis KLOPK beschrieben und durch dessen Mittelpunkt G der Durchmesser PL auf OK senkrecht gezogen, so sind KL, LO, OP und PK die vier Quadranten dieses Kreises. Denkt man sich nun, das Loth IK rücke in dieser auf KLOP stets senkrechten Lage von K nach L, so erscheint es in Ld und der Punkt d hat ebenfalls den Quadranten eines Kreises durchlaufen, dessen Radius CI = Cd = GK = GL ist. Bleibt bei dieser Drehung des Lothes IK der

Punkt a immer nach dem Mittelpunkte C gerichtet, so erblickt man die Linie la nun in der Richtung ds und der Mittelpunkt der Sonne steht jetzt gerade dem Aequatorialpunkte s gegenüber d. h. die Sonne befindet sich nunmehr in dem Aequator QsAnQ und macht, während einer täglichen Umdrehung der Erde, auf ihrer ganzen Oberfläche Tag und Nacht gleich d. h. nun tritt das Frühlings-Aequinoctium (§. 81. u. f.) ein. Schreitet das Loth dL von L, in dem dritten Quadranten LO, nach O, so erhält es die Lage OH und der Mittelpunkt der Sonne b ist hier nach dem Punkte D in dem Wendekreise des Krebses gerichtet, welchen die Sonne bei der einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Axe, binnen 24 Stunden zu durchlaufen scheint. Hier tritt für die Bewohner der nördlichen Halbkugel (welche zwischen DhB und N wohnen) das Sommersolstitium d. h. der Anfang des Sommers ein (§. 81.) Schreitet das Loth OH in dem folgenden Quadranten OP von OH nach Pq fort, so ist der Sonne Mittelpunkt n wiederum gegen diesen Punkt n des Aequators QnAsQ gerichtet und es hat das Herbst-Aequinoctium (§. 84.) d. h. der Anfang des Herbstes statt. — Die Bewegung des Lothes qP in dem vierten Quadranten PK bringt dasselbe wieder in die erste Lage IK zurück, worin das Wintersolstitium beginnt, und womit der Cyclus der Jahreszeiten durchaus abgeschlossen ist. Auch erkennt man daraus, daß es durchaus einerlei ist, ob sich der Sonnen-Mittelpunkt a sehr nahe (wie in der Zeichnung der Deutlichkeit wegen angenommen worden ist) bei der Erde oder auch sehr weit von ihr befindet, wenn sich dieser Mittelpunkt nur in jener Ebene rings um die Erde bewegt, welche durch die vier Punkte F, s, D und n des Kreises FsDn geht, d. h. in welcher die beiden Solstitialpunkte (F und D) und die beiden Aequinoctialpunkte (s und n) liegen (§. 105.).

§. 107.

Nimmt man daher an, es sei die Ebene dieses Kreises FsDn ringsumher nach der Größe eines Halbmessers erweitert, welcher der Entfernung der Sonne von der Erde gleich ist; denkt sich ferner, das Centrum der Sonne durchwandere dessen ungeheuere Peripherie innerhalb eines Jahres, so wird die Entstehung der Jahreszeiten und der damit verbundenen wechselnden Tageslängen sehr befriedigend erklärt seyn. Dieser Kreis der Himmelskugel, welcher eine Verlängerung des ebenbemerkten Kreises FsDn ist und mit diesem vollkommen einerlei Lage hat, heißt die Sonnenbahn oder die Ecliptik. Sie umschließt die Ebene eines größten Kreises, welcher die Aequators-Ebene QsAn in der geraden Linie ns durchschneidet und beide bilden einen Neigungswinkel QCF = DCA, welcher $23\frac{1}{2}$ Grad zu seinem Maße hat, da Bogen QF = Bogen AD = $32\frac{1}{2}$ Grad beträgt. Dieser Winkel heißt daher die Schiefe der Ecliptik. Die Hälfte des Aequators oder nQs liegt oberhalb d. h. (für unsere geographische Lage) nördlich von der Ecliptik, und dessen andere Hälfte oder sAn befindet sich unterhalb d. h. südlich von der Ecliptik. Wird aus dem Mittelunkte C dieses Kreises das Loth CV auf dessen Ebene errichtet und beiderseits verlängert bis zur Grenze der Erdoberfläche in V und W, oder auch bis zur Grenze des Firsternhimmels, so haben diese Punkte V und W die Eigenschaft, daß sie (wie leicht geometrisch zu beweisen ist) von allen in der Peripherie FsDn liegenden Punkten gleichweit entfernt sind. Denn wenn man sich z. B. die vier geraden Linien von V nach F, s, D und n denkt, so entstehen vier rechtwinkelige Dreiecke VFC, VsC, VDC und VnC, welche die Seite VC nebst dem rechten Winkel bei C gemein haben

und worin noch CF = Cs = CD = Cn ist. Folglich sind sie congruent und es muß VF = Vs = VD = Vn seyn. Daher werden diese Punkte V und W die Pole der Ecliptik genennt. Da nun Winkel VCD = Winkel NCA = 90° und W. DCA = $23\frac{1}{2}°$ ist, so muß auch W. NCV = W. SCW = $23\frac{1}{2}°$ seyn, d. h. die Pole der Ecliptik sind um $23\frac{1}{2}°$ vom Nordpole (N) und vom Südpole (S) entfernt.

§. 108.

Eine ebenso befriedigende Erklärung der Jahreszeiten und verschiedenen Tageslängen geht aus der Annahme hervor, daß sich die Erde in einem Jahreskreise um die Sonne, als dessen Mittelpunkt, bewege, wobei die Erdaxe sich immer parallel bleibt und einen Winkel von $66\frac{1}{2}°$ mit der Ebene dieses Kreises bildet. Es sei OLKP (Fig. 61.) ein beliebiger Kreis, NSO die Erdaxe, welche mit seiner Ebene den Winkel NOR = $66\frac{1}{2}°$ bildet, auf der Erdkugel um C seien die bekannten Kreise construirt, durch C gehe die gerade Linie CoC mit dem Durchmesser OGK gleichlaufend, es sei ferner Co = OG und o sei der Mittelpunkt der Sonne. Da die Linie aF den Wendekreis des Steinbocks FcE in F berührt, so scheint die Sonne bei der einmaligen Umdrehung der Erde um NS, diesen ganzen Kreis zu durchwandern und bildet hierdurch (für unsere geographische Lage) den Anfang des Winters. Schreitet nun die Linie NSO, sich immer parallel bleibend, von O bis L in dem ersten Quadranten des Kreises um G fort, so erscheint die Erde in der Lage NSL und die durch o auf ab senkrecht errichtete ns trifft, bei ihrer Verlängerung über s, in dem Punkte t des Aequators QA, wodurch, vermöge der 24stündigen Rotation des Erdkörpers um seine Axe NS, auf der ganzen Erde Tag und Nacht gegenseitig gleich wird. Dieses

ist demnach der Eintritt des Frühlings-Aequinoctiums. Rückt nun die Linie NSL auf gleiche Weise von L nach K durch den zweiten Quadranten, so erhält die Erde die Stellung NSK, in welcher die über b verlängerte ab bei D in den Wendekreis des Krebses eintrifft, welchen die Sonne nunmehr binnen 24 Stunden zu durchlaufen scheint. Hierdurch entsteht Sommers-Anfang. Bewegt sich nun diese gerade NCK, in stets paralleler Lage, sodann durch den dritten Quadranten KP von K nach P hin, so befindet sich die Erde in der Lage NCP, worin die über n verlängerte sn bei r in dem Aequator AQ eintrifft und mit der Tages- und Nachtgleiche den beginnenden Herbst bestimmt. In dem vierten Quadranten PO kehrt die Erde aus der Lage NCP in die erste Stelle NCO zurück, bei welcher der ganze Jahreslauf mit seinen gesetzmäßigen Erscheinungen abgeschlossen ist.

Wenn man also annimmt, die Sonne befinde sich in o und die Erde NCS (links) bewege sich in dem Kreise CCCC (von der Linken nach vorn zur Rechten) binnen eines Jahres um dieselbe, wobei die Axe NS mit der Ebene dieses Kreises immer einen Winkel NCD = $66\frac{1}{2}^{0}$ bildet, so erfolgen die Erscheinungen der Tages- und Jahreszeiten gerade ebenso, als wenn sich (Fig. 60.) die Sonne a im Lauf eines Jahres nach der entgegengesetzten Richtung KLOPK (d. h. von der Rechten zur Linken) um die in C ruhende, und sich nur um ihre feststehende Axe NS drehende Erde bewegte. —

Da nun entweder diese Bewegung der Sonne oder jene Bewegung der Erde nothwendiger Weise stattfinden muß, so entsteht die wichtige Frage: Was ist hier Schein, was Wirklichkeit?

§. 109.

Setzt man die Entfernung der Sonne von der

Erde = 20000000 Meilen (§. 65.), so ist das Doppelte dieses Abstandes = 40000000 Meilen und folglich der diesem Durchmesser zukommende Umfang des Kreises = 125.600000 M. Da diese Peripherie, innerhalb eines Jahres, entweder von der Sonne um die Erde oder von dieser um jene zurückgelegt wird und 1 Jahr (nur zu 365 T. gerechnet) die Zeit von 8760 Stunden = 31536000 Secunden ist, so durchwandert entweder die Sonne oder die Erde in jeder einzelnen Secunde einen Weg von $\frac{125600}{31536}$ d. h. von mehr als 3,9, somit von beinahe 4 deutschen Meilen. Bedenket man hierbei, daß die Sonne mehr als einmillionmal größer (§. 70.) als die Erde ist, so wird es hieraus schon sehr unwahrscheinlich, daß sich jener ungeheuer große Körper um die verhältnißmäßig kleine Erde bewegen sollte; zumal wenn dabei erwogen wird, daß auch die tägliche Bewegung der Sonne, bei ihrem Auf- und Untergang, ein bloßer Schein und eine nothwendige Folge von der Axendrehung der Erde (§. 96, 102.) gewesen ist. Daß wir Erdbewohner eine so rasch fortschreitende progressive Bewegung auch empfinden müßten, wenn sie wirklich stattfände, ist, da wir durchaus nichts davon wahrnehmen, kein Einwurf gegen ihre Wirklichkeit, indem Alles um uns her in gleichmäßiger Bewegung begriffen ist, da der Luftkreis gleichen Antheil an derselben nimmt, und da bei ihr weder Stöße noch Pausen eine Unterbrechung ihrer Gleichförmigkeit veranlassen. Daß sich aber die Erde binnen eines Jahres wirklich um die Sonne bewege, soll in den nachfolgenden Abschnitten hier schon auf directem Wege bewiesen werden. Andere Gründe für diese Bewegung können erst weiter unten verständlich gemacht werden.

§. 110.

Da das Licht (§. 68.), welches von leuchtenden

Körpern ausstrahlet und von nicht leuchtenden zurückgeworfen wird, sich nach allen Richtungen hin fortpflanzt, so entsteht die Frage, ob es zu dieser Fortpflanzung durch größere Räume einer gewissen Zeit bedürfe oder ob dieselbe augenblicklich stattfinde. Versuche mit Feuersignalen, welche man, auch bei meilenweiten Entfernungen und mit genau übereinstimmenden Secundenuhren angestellt hatte, haben gelehrt, daß das Licht in dem nämlichen Augenblicke an dem einen Orte wahrgenommen wird, in welchem es an dem andern Orte entstanden ist. Keine Entfernung auf der Erde ist so groß befunden worden, daß sich eine Fortpflanzungszeit für das Licht bemerken ließ, welche auch nur **eine** Zeitsecunde betrüge. Daher kann seine Fortpflanzung auf Erden als durchaus augenblicklich angenommen werden. Da sich nun der Schall, (wenn die Richtung des Windes nicht störend einwirkt) in jeder Secunde durch ungefähr 1040 par. Fuß fortpflanzt, so hat man hierdurch eine Erklärung des bekannten Phänomens gewonnen, nach welchem z. B. das Auftreffen der Holzart auf den Baum, der in der Ferne gefällt wird, zuerst gesehen und dessen Schall etwas später gehört wird. Befände sich der Beobachter etwa 1040 par. Fuß von dem Orte dieses Baumes, so würde der Schall des Schlages erst um eine Secunde später wahrgenommen werden, als man das Auftreffen des Beils gesehen hat. Verflössen dagegen zwischen Sehen und Hören dieses Hiebes genau zwei Secunden, so würde sich der Baum in einer Entfernung von etwa 2080 par. Fuß von dem Beobachtungsorte befinden. Auf solche Weise lassen sich dergleichen Abstände ungefähr bestimmen, da man gefunden hat, daß sich der Schall mit gleichförmiger Bewegung fortpflanzt.

Indessen haben Beobachtungen, welche sich auf

weit größere Entfernungen im Himmelsraume beziehen, mit Ueberzeugung gelehrt, daß das Sonnenlicht eine Zeit von 8 Minuten und etwa 13 Secunden bedarf, um auf die Erde zu gelangen. Dem dänischen Astronomen Olof Römer verdankt man dieses wichtige Resultat, welches aus seinen i. J. 1675 angestellten Beobachtungen der Jupiters-Monde hervorging und weiter unten (im II. Th.), eine durchaus verständliche Erklärung erhalten wird. Es werden nämlich gewisse gesetzmäßig erfolgende Erscheinungen an diesen Monden (ihre Verfinsterungen) von der Erde aus um mehr als 8 Minuten später wahrgenommen, wenn diese sich um den Abstand der Sonne von ihr d. h. um etwa 20 Mill. Meil. weiter von jenen Monden befindet, was nur daher kommen kann, daß das Licht jene Zeit gebraucht, um einen so sehr großen Weg zu durchlaufen. Vergleicht man diese Geschwindigkeit des Sonnenlichts mit dem großen Abstande der Sonne von der Erde in Meilen, so durchläuft dasselbe in einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographischen Meilen und es wird klar, daß keine Entfernung auf der Erde so groß ist, um durch wirkliche Versuche eine Fortpflanzungszeit auch nur von einer Secunde wahrnehmen zu können.

§. 111.

In dem Jahre 1728 ist eine merkwürdige Erscheinung an den Fixsternen entdeckt worden, welche schon i. J. 1725, jedoch nur vorbereitend, durch einen Irländer, Samuel Molyneux, wahrgenommen worden war.

Der berühmte Uhrmacher Georg Graham verfertigte ihm einen höchst genau eingetheilten Sector (ein Werkzeug, womit sehr kleine Winkel mit Genauigkeit gemessen werden können) von 24 Fuß, mit welchem Molyneux am 3. Dec. 1725 zu

Kiew (bei London) den Stern γ (vergl. §. 21.) im Kopfe des Sternbildes: der Drachen im Meridian beobachtet und zugleich auch dessen Abstand vom Scheitelpunkte mit größter Schärfe bestimmt hatte. Am 5., 11. und 12. Dec. zeigte sich kein bemerkbarer Unterschied darin. Als aber Bradley von dem 17. December an diesen Stern fortgesetzt auf das sorgfältigste beobachtet hatte, so fand sich, daß derselbe inzwischen weiter gegen Süden hin fortgerückt war. Im Anfange des Monats März hatte der Stern eine Entfernung von 20 Secunden von seinem primitiven Orte; nun zeigte sich derselbe während einiger Tage gänzlich unbewegt, und dann schritt er wieder allmählig nach Norden hin. Nach sechs Monaten ging er in gleichem Abstande wie am 3. Dec. 1825 durch den Mittagskreis, schritt dann immer näher nach Norden zu, bis er im Septemb. sich um 20 Secunden nordwärts befand. Dann kehrte er bald wieder gegen Süden hin zurück und im Dec. des J. 1726 war sein Zenithabstand wiederum (bis auf ein Unbedeutendes) jenem bei der ersten Beobachtung im Dec. des J. 1825 gleich. — Nach dem Gesammt-Resultate dieser Beobachtungen schien dieser Fixstern innerhalb eines Jahres sich in einer ungefähr kreisförmigen Bahn zu bewegen, deren Durchmesser unter einem Sehwinkel von 40 Secunden erblickt worden ist. Fortgesetzte Beobachtungen anderer Fixsterne, welche entfernter vom Pole der Ecliptik stehen, haben gelehrt, daß die Durchmesser ihrer kleinen Jahreskreise (welche jeder von ihnen beschreibt) immer kleiner werden, je weiter sie vom Pole der Ecliptik (§. 107.) entfernt sind. Man hatte diese Erscheinung die Abirrung oder Aberration des Lichtes genennt und ihre Erklärung war so lange zweifelhaft, bis Bradley auf den glücklichen Gedanken gerieth, die durch Römer entdeckte

Fortpflanzungszeit des Lichtes mit der progressiven Fortbewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne zu vergleichen.

§. 112.

Da das Licht den Radius der Erdbahn, der $= r$ seyn soll, in 8 Min. 13 Sec., d. h. in 493 Sec. durchläuft, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes für eine Zeitsecunde $= \frac{r}{493}$. Nun wird die Erdbahn $= 2r \times 3{,}14 = r \times 6{,}28 = 6{,}28 \cdot r$ in 365 und 6 Stunden (mit Weglassung der Minuten) d. h. in 31557600 Sec. durchwandert. Folglich ist die Geschwindigkeit der Erde in dieser Bahn für jede Secunde $= \frac{r \times 6{,}28}{31557600}$. Demnach verhält sich die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn wie $\frac{r}{493} : \frac{r \times 6{,}28}{31557600}$ d. h. wie $31557600 : 493 \times 6{,}28$ oder wie $3155760000 : 309604$ d. h. wie $10192 : 1$; oder das Sonnenlicht pflanzt sich 10192 mal so geschwind fort, als die Erde sich in ihrer Bahn um die Sonne bewegt.

Nun enthält die Erdbahn (als Kreis betrachtet) 360 Grade $= 360 \times 60$ Min. $= 360 \times 60 \times 60 = 1296000$ Winkelsecunden und man findet die Menge von Winkelsecunden, welche die Erde innerhalb der Fortpflanzungszeit des Sonnenlichtes zur Erde beschreibt durch die Proportion:

Zeitsec. Zeitsec. Winkelsec. W.S.

$$31557600 : 493 = 1296000 : x,$$

woraus $x = \frac{12960 \times 493}{315576} = 20$ Winkelsecunden (und etwas weniges darüber) gefunden wird. In der Zeit, welche das Licht gebraucht, um von der

Sonne zur Erde zu gelangen, ist demnach die Erde um 20 Secunden in ihrem Jahreskreise fortgeschritten. Man wird nun schon vermuthen, daß diese Winkelbewegung von 20 Secunden mit dem Halbmesser (von 20 Sec.) jener kleinen Kreise in nothwendigem Zusammenhange stehen möge, welche die Fixsterne durch die Aberration (§. 111.) alljährlich am Himmel beschreiben.

§. 113.

Daß dieses nun wirklich der Fall ist, läßt sich auf folgende Weise deutlich erkennen. Es sey MAN (Fig. 62, a.) ein Stück der Erdbahn, S ein bestimmter Fixstern in der Nähe des Pols der Ecliptik und C der Ort eines Beobachters. Befände sich dieser in Ruhe und der Stern S sendete den Lichtstrahl SC nach seinem Auge mit solcher Geschwindigkeit, daß der ungeheure Weg SC in einem Momente durchlaufen würde, so müßte dieser Stern S an demselbigen Orte gesehen werden, an welchem er sich wirklich befindet, d. h. nach der Richtung CS im Punkte S. — Bewegte sich dieser Fixstern in der nämlichen Zeit gleichförmig von S nach D, in welcher der Beobachter den dem Raume SD gleichen und parallelen Raum CA ebenfalls gleichförmig zurücklegte, so würde dem Auge in C, während der ganzen Zeit seines Fortschreitens, dieser Stern immer nach derselbigen Richtung CS und immer durchaus unbewegt erscheinen. Wird das Parallelogramm CSDA vollendet, so erblickte nunmehr das Auge in A den Fixstern S in D nach der Richtung AD und würde kein Mittel haben, dessen wirkliche Bewegung von S nach D zu erkennen.

Hieraus ist klar, daß der Beobachter in C den Stern S auch dann noch als unbewegt erblicken müßte, wenn die Geschwindigkeit der Erde von C nach A mit jener des Lichtes von S nach C in

keinem angebbaren Verhältnisse stände; d. h. wenn jene gegen diese als unendlich klein zu betrachten wäre. Allein dieses ist nicht der Fall, indem das Verhältniß beider Geschwindigkeiten jenes von 1 : 10192 ist (§. 112.). Da diese Geschwindigkeiten durch die in gleichen Zeiten beschriebenen Räume gemessen werden, so sei CA = 1 und SA = 10192, d. h. in derselbigen Zeit, in welcher die Erde von C nach A fortschreitet, werde das Licht des Fixsterns in S von S nach A bewegt. Diese Bewegung von S nach A ist aber aus den zwei Bewegungen: von S nach D und von S nach C zusammengesetzt (§. 95.), d. h. wenn das Licht in S sowohl der Bewegung von S nach D, als auch jener von S nach C zugleich folgte, so müßte es den Mittelweg SA zurücklegen. Daher ist auch dieser mittlere Weg das Resultat einer Bewegung von S nach D und einer innig mit ihr verbundenen Bewegung von S nach C. Da nun der Beobachter in C, welcher von C nach A in einer mit SD parallelen Richtung und mit einer der SD gleichen Geschwindigkeit fortschreitet, diese Bewegung von S nach D nicht wahrnehmen kann, so wird sein Auge in A nur von dem Lichte nach der Richtung SC, d. h. nach der Richtung DA afficirt. Daher muß der Stern S vom Auge in A nicht nach AS, sondern nach AD gesehen werden. Der Winkel SAD, welcher diese Verschiedenheit der Gesichtslinien bestimmt, wird der Aberrationswinkel genennt. Er ist um so kleiner, je kleiner CA gegen AS, oder je größer AS, die Geschwindigkeit des Lichtes, gegen CA, d. h. gegen die Geschwindigkeit der Bewegung der Erde in der nämlichen Zeit ist. Die Berechnung dieses Winkels ASC für das Verhältniß CA : AS = 1 : 10192 ist folgende. Da in dem rechtwinkeligen Dreiecke SAC (denn S steht hier in dem Scheitelpunkte der Ecliptik)

SA : AC = r : tang. ASC, d. h.
10192 : 1 = r : tang. ASC ist,
so wird Log. tang. ASC = Log. r — Log. 10192 oder Log. tang. ASC = 10 — Log. 10192 = 10 — 4,0082594 = 5,9917406, wozu ein Winkel von 20,2 Secunden gehört, welcher Werth mit dem oben (in §. 112.) gefundenen Resultate sehr genau übereinstimmt.

Befindet sich der Stern S nicht in der Nähe des Poles der Ekliptik, sondern in einer schiefern Lage, wie S′ in der Fig. 62, b, worin der Winkel S′AD ein spitzer ist und immer noch kleiner werden kann, so ist (für dieselbige Größe von S′A und CA) der Aberrationswinkel S′AD immer kleiner, und würde, wenn W. S′AD = o ist, ebenfalls = o seyn, d. h. AS″D würde als eine gerade Linie erscheinen.

§. 114.

Dieses wichtige Phänomen der Abirrung kann man sich auch auf folgende Art sehr leicht verständlich machen. Es sei (Fig. 63.) sc eine sehr lange Röhre, bei s und c offen und gegen die gerade Linie mcn unter dem spitzen Winkel sca geneigt. Ein kleines Kügelchen s werde nach der Richtung sa mit gleichförmiger Geschwindigkeit in derselbigen Zeit bewegt, in welcher die Röhre se, sich selbst parallel bleibend, mit gleichförmiger Geschwindigkeit von s nach d schreitet. Hier wird das Kügelchen s (wenn sdac wiederum das bekannte Parallelogramm darstellt) immerwährend in dem Innern der Röhre, ohne jedoch dieselbe irgendwo zu berühren, von s nach c fortschreiten und sich in a befinden, wenn dieselbe in die Lage ad gekommen ist (§. 85.) Es muß demnach in a nothwendiger Weise scheinen, als habe das Kügelchen s nicht den Raum sa, sondern die Linie da durchlaufen, d. h. es habe sich im Anfange seiner Bewegung nicht in s, sondern in d

befunden. — Ebenso ist es nun auch mit dem Lichttheilchen in s, welches sich in derselbigen Zeit von s nach a fortpflanzt, in welcher das Auge c (durch den Tubus cs blickend), von c nach a gelangt; d. h. in a muß der Lichtstrahl sa (da wir nur nach geraden Linien zu sehen gewöhnt sind) nach der Richtung ad, somit der Stern s in d erscheinen.

Nun sei (Fig. 64.) ABDFG die kreisförmige Bahn, welche die Erde um die Sonne in H beschreibt, s ein Stern im Pole der Ecliptik und sH, ein Loth, welches in der Mitte jener Bahn, d. h. in H eintreffen muß. Auch seien Aa, Bb, Cc, Dd, Ee u. s. f. Lothe aus A, B, C, D, E u. s w. auf die Ebene der Ecliptik errichtet. Da der Stern in S einen sehr weiten Abstand von uns hat (§. 57.), so stellen diese geraden Linien Aa, Bb, Cc u. s. f. auch die Gesichtslinien aus den Punkten A, B, C u. s. w. nach diesem Sterne dar, welche alle mit sH parallel sind (§. 46, 6.). Daher erblickt man in A diesen Stern s nicht in a, sondern durch die Wirkung der Aberration, in b, wobei W. aAb der Aberrationswinkel ist. Rückt die Erde von B nach C, so erscheint der Stern, von B aus gesehen, in c; vom Orte C erblickt man ihn in d; von D aus in e; aus E erscheint er in *f*, wodurch derselbe, wenn der Beobachter von E durch F und G nach A zurückgekehrt ist, der Stern den kleinen Kreis abcdef durch g nach a ebenfalls abgeschlossen hat. Da der Beobachter seine Bahn ABCDFGA mit ununterbrochen fortschreitender Bewegung zurücklegt, so scheint auch der Stern einen kleinen Kreis am Himmel um seinen wahren Ort in s eben so ununterbrochen zu beschreiben.

Aus allem diesem (§. 111—114.) geht zur Genüge hervor, daß das Phänomen der Abirrung einen unumstößlichen direkten Beweis von der jährlichen

Bewegung der Erde um die Sonne liefert. Andere Gründe werden weiter unten vorkommen.

§. 115.

Demnach ist die Ecliptik (§. 107.) nicht die wirkliche Sonnenbahn, sondern nur der scheinbare jährliche Weg, welchen die Sonne um unsere Erde beschreibt und dieser letztern kommt eine Bewegung zu, die wir auf jene übertragen, da uns kein Mittel zu Gebot steht, unser eignes Fortschreiten direkt wahrzunehmen. Aber, nach welcher Richtung bewegt sich die Erde um die Sonne? — Beobachtet man jene Fixsterne, welche an dem westlichen Himmel kurz nach Sonnenuntergang sichtbar werden, sobald das verschwundene Sonnenlicht ihren Anblick gestattet und setzt dieses mehrere Tage und Wochen fort, so lehrt die Erfahrung, daß die zuvor weiter gegen Osten hin stehenden Gestirne immer näher an jene Stelle in Westen rücken, an welcher sie nach Untergang der Sonne zuerst sichtbar wurden. Diese Erscheinung schreitet stufenmäßig von Woche zu Woche so fort, daß nach Ablauf eines Jahres jene zuerst bemerkten Fixsterne wieder gerade so nach Sonnenuntergang in Westen erscheinen, wie dieses vor einem Jahre der Fall gewesen ist. Wäre E (Fig. 65.) der Ort der Erde, der mit ES beschriebene Kreis der Radius des Fixsternhimmels, OW der Horizont, W die westliche Gegend und S die kürzlich untergegangene Sonne, so können die bei a stehenden Fixsterne wahrgenommen und nach ihrer Gruppirung gemerkt werden. An den folgenden Abenden sind sodann nach Sonnenuntergang diese Sterne ebenfalls verschwunden und jene bei b an ihre Stelle getreten. Dann folgen an spätern Abenden die Sterne bei c, nach einem Vierteljahre jene bei d, nach einem Halbenjahre jene in e; nach Dreiviertel des Jahres die in f stehenden,

bis nach Ablauf des ganzen Jahrs wiederum die erste Sterngruppe bei a nahe am westlichen Horizonte erscheint. Die Sterne bei d, c, b, a scheinen sich also nach der Richtung dcba gegen die Sonne hin zu bewegen, d. h. die Sonne scheint nach der entgegengesetzten Richtung abcd, nämlich von Abend gegen Morgen hin, unter den Firsternen fortzurücken und ihren Jahreskreis abcdefa innerhalb 365 Tagen zu vollenden.

Da sich aber die Erde innerhalb eines Jahres um die Sonne bewegt (§. 114.), so wird dieses kreisförmige Fortschreiten der Sonne durch den Firsternhimmel sehr einfach aus der Zeichnung (Fig. 66.) erklärt. Es sei S die Sonne, EIMN die Bahn der Erde um dieselbe, OW die Richtung von Osten nach Westen im Horizonte und PQR das Himmelsgewölbe. Befindet sich die Erde in E, so trifft die Gesichtslinie ES1 unterhalb des Horizontes OW, der mit dem Horizonte durch die Erde einerlei ist (§. 42.) an dem Firsternhimmel ein und die Sonne in 1 ist untergegangen; dagegen kann eine in a befindliche Sterngruppe wahrgenommen werden. Bewegt sich die Erde von E nach G, so wird dem Beobachter in G die Sonne nach der verlängerten Linie GS in 2 am Himmel erscheinen, und sich in der Nähe der bei b stehenden Sterne befinden, welche dem Beobachter sichtbar werden, wenn die Sonne untergegangen ist. Die Erde in H bezieht die Sonne nach der Richtnng HS in 3 am Himmel und sie zeigt sich nun bei den Sternen in c. Gelangt die Erde nach I, so erblickt man die Sonne nach der Linie IS4 in der Nähe der bei d befindlichen Sterne. Es ist somit klar, daß die Sonne den Bogen abcd an dem Firsternhimmel beschreibt und sich daher von Westen gegen Osten hin durch die Firsterne zu bewegen scheint, während die Erde den Bogen EGHI zurücklegt. Hat diese ihre ganzen Umlauf EIMNE

um die Sonne in S vollendet, so scheint die Sonne den ganzen Kreis acdPQRa am Himmel durchwandert zu haben. Da die Erde ebenfalls den Bogen MNE nach dieser Richtung, wie die Sonne den ihrigen nach gleicher Richtung von a nach bcd beschreibt, so bewegt sich die Erde von Abend gegen Morgen um die Sonne.

§. 116.

Nun sei (Fig. 67.) HR der Horizont, Winkel PCR die nördliche Polhöhe, Pp die Himmels-Axe, AQ der Aequator, EM der Wendekreis des Krebses, NK jener des Steinbocks, so ist der Kreis EWKI die Ecliptik und der Winkel ECA = QCK = 23° 30′, welcher die Schiefe der Ecliptik darstellt. Die Ebene des Aequators und der Ecliptik schneiden sich in der geraden Linie WI, welche auch, wie man leicht einsieht, die Durchschnittslinie dieser Ebenen mit dem Horizonte HWRIH ist. Ein Loth. Po vom Nordpole auf diesen Horizont HR bestimmt in o den Nordpunkt und ein Loth pv bestimmt in v den Südpunkt in demselben. Da nun die Winkel WCR, RCI, ICH, HCW vier rechte sind, so ist W der West- und I der Ostpunkt dieses Horizontes. Gesetzt nun, die Sonne befinde sich in W, so steht sie im Aequator und bildet das Frühlings-Aequinoctium (§. 84.) Da nun der ganze Kreis WEIK in 360 Grade getheilt ist und von der Sonne innerhalb 365 Tagen scheinbar durchlaufen wird, so schreitet diese von Tag zu Tag ungefähr um einen Grad in derselben fort, wobei man bemerken kann, daß 1° des Himmels etwa zwei Durchmesser der Vollmondscheibe beträgt. Dieses allmählige Fortrücken bestimmt die Länge der Sonne, welche im Punkte W = 0°, in E = 90°, in I = 180°, in K = 270° und in W wiederum = 360° ist. — Schon seit uralten Zeiten

hatte man die Ecliptik in die sogenannten zwölf himmlischen Zeichen eingetheilt, welche in Bezug auf die Namen der in ihr ringsumher liegenden Sternbilder (§. 21.) und nach der Richtung WEIK folgende sind:

1. Widder	♈	7. Wage	♎
2. Stier	♉	8. Scorpion	♏
3. Zwillinge	♊	9. Schütze	♐
4. Krebs	♋	10. Steinbock	♑
5. Löwe	♌	11. Wassermann	♒
6. Jungfrau	♍	12. Fische	♓

Da die Zahl 12 in 360 genau 30 mal enthalten ist, so kommt auf jedes dieser Zeichen ein Bogen von 30 Graden. Die drei erstgenannten liegen von W bis E und heißen Frühlingszeichen (§. 108.). Die drei folgenden erstrecken sich von E bis I und sind die Sommerzeichen (§. 108.) Die folgenden drei gehen von I bis K als Herbstzeichen (§. 108.) und die drei letzten, von K bis W, bilden die Winterzeichen (§. 108.). Da sich die Hälfte der Ecliptik WEI oberhalb des Aequators AWQIA und somit in der nördlichen Halbkugel befindet, so nennt man die sechs ersten Zeichen (von 1 bis 6) die nördlichen; die sechs folgenden (von 7 bis 12) dagegen die südlichen Zeichen, weil die andere Hälfte der Ecliptik, d. h. WKI sich durch die südliche Hemisphäre erstreckt.

§. 117.

Denkt man sich (Fig. 67.) den Bogen Ec = Bogen $Ef = 9^0$ und durch die Punkte c und f zwei Parallelkreise mit der Ecliptik, so entsteht an der Himmelskugel ringsumher eine Zone, deren Breite 18^0 beträgt, und welche der Thierkreis oder Zodiacus heißt. Sein Alter reicht über 2000 Jahre in die Vorzeit und seine Benennung erhielt er von

den sieben Thieren (§. 116; nämlich: 1, 2, 4, 5, 8, 10, 12) welche man als Sternbilder in denselben gestellt hatte. Die Breite von 18° bezieht sich auf ein räumliches Verhältniß anderer Himmelskörper (der Planeten (§. 10.)) gegen die Ecliptik, wovon weiter unten (im II. Theile) gehandelt wird. Zu jener Zeit befand sich der Punkt der Frühlingsnachtgleiche mitten in dem Sternbilde des Widders und darum machte man mit ihm den Anfang in dem Thierkreise. In unsern Tagen befindet sich das Zeichen des Widders in dem Sternbilde der Fische; jenes der Wage in dem Sternbilde der Jungfrau; so, daß die Punkte der beiden Nachtgleichen (des Frühlings- und Herbst-Aequinoctiums) in den Zeichen des Thierkreises allmählig auf diese Weise fortrücken. Auf gleiche Weise begann damals der Sommer mit dem Eintritt der Sonne in das Zeichen des Krebses und der Winter mit ihrem Erscheinen in dem Zeichen des Steinbocks. Nun aber steht die Sonne bei Anfang des Sommers in den Zwillingen nnd bei dem Beginne des Winters in dem Schützen. Wegen jenes frühern Standes der Sonne hatte man damals auch dem nördlichen Wendekreise den Namen: Wendekreis des Krebses und dem südlichen Wendekreise den Namen: Wendekreis des Steinbocks gegeben. Worin der physische Grund dieses Vorrückens der Nachtgleichen (so nennt man diese Erscheinung) liege, wird erst weiter unten (im II. Th.) näher entwickelt werden. Sie ist eine Folge von der anziehenden Kraft des Mondes auf die in den Aequatorial-Gegenden des Erdkörpers über die Kugelform hervortretende Masse (§. 39, 40.), was hier einstweilen nur beiläufig bemerkt wird.

Zugleich betrachte man nun die sich aus der Lage der Ecliptik gegen den Aequator sehr einfach ergebenden zwei Polarkreise. Da nämlich der Winkel

ECA (die Schiefe der Ecliptik) = $23\frac{1}{2}$ Grad ist, so muß, wenn man den Bogen Pa = Pb = $23\frac{1}{2}$ Grad macht und die gerade aC zieht, diese aC auf der Ebene der Ecliptik EWKI lothrecht stehen. Gleichwie nun P, als Endpunkt der auf dem Aequator AWQI senkrecht stehenden PC, der nördliche Pol des Aequators ist, so muß auch der Punkt a in gleichem Sinne der (nördliche) Pol der Ecliptik seyn und von jedem Punkte des Umkreises EWKIE gleichen Abstand haben. Verlängert man aC nach m, so ist m der südliche Pol der Ecliptik und Bogen mp ebenfalls = $23\frac{1}{2}$ Grad. Dreht sich nun die Himmelskugel um die Axe Pp, so ist klar, daß a den Kreis adbPa und m den Kreis mnqpm beschreiben müsse, deren Ebenen mit dem Aequator und mit den beiden Wendekreisen parallel laufen. Jener heißt der nördliche, dieser der südliche Polarkreis. Gleichwie der zwischen den beiden Wendekreisen der Erdkugel liegende Gürtel (§. 85.) in ihrer Breite von 47^{8} die heiße Zone bildet, so wird jeder der beiden Polarkreise, gegen den ihm zunächst liegenden Pol hin, ein Stück der kugelförmigen Erdfläche begrenzen, welches die kalte Zone heißt, und es wird jeder der beiden zwischen den Wendekreisen und Polarkreisen liegende 43^{0} breite Raum der Erdfläche die gemäßigte Zone genennt. Die Gründe zu diesen Benennungen gehen aus dem bereits früher Bemerkten (§. 84, 85.) hervor.

§. 118.

Das räumliche Verhältniß des Erscheinens der Sonne in den Zeichen des Thierkreises gegen die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne findet in der (Fig. 68.) eine anschauliche Erläuterung. Es sei S der Stand der Sonne, der mit Sa beschriebene Kreis die Erdbahn und a der Ort der Erde in dem Zeichen der Wage, so erscheint die Sonne, nach der

geraden Linie aSg in dem Zeichen des Widders und bildet Frühlings-Anfang (§. 117.). Rückt nun die Erde nach b, c, d durch die Zeichen des Scorpions, Schützen und Steinbocks fort, so scheint sich die Sonne nach h, m, n durch die Zeichen des Stiers, der Zwillinge und des Krebses zu bewegen, woselbst sie die Jahreszeit des Sommers bildet u. s. w.; so, daß Erde und Sonne sich immer in den beiden diametral entgegenstehenden Zeichen befinden. Die Frühlings-, Sommer-, Herbst- und Winter-Zeichen; so wie die sechs nördlichen und die sechs südlichen gehen ebenfalls aus der Zeichnung deutlich hervor.

Wenn nun (Fig. 69.) P der Nordpol, R der Südpol AQ der Aequator, EK die Ecliptik, p der nördliche, r der südliche Pol der Ecliptik ist, so stellt E den Sommersolstitialpunkt und K den Winter-Solstitialpunkt vor, und der Kreis PERKP heißt Colur der Sonnenwenden oder Colur der Solstitien; der Kreis PGRWP dagegen, welcher durch die Weltpole, durch den Frühlingspunkt G und durch den Herbstpunkt W geht, wird Colur der Nachtgleichen, oder Colur der Aequinoctien genennt. Jeder von ihnen steht auf der Ebene des Aequators AQ lothrecht, da beide durch die Axe PCR gelegt sind, welche mit der Aequatorialebene einen rechten Winkel bildet.

Gleichwie die Declination und Rectascension eines Fixsternes (§. 63.) in Bezug auf dessen Lage gegen den Aequator bestimmt wird, so bezieht sich die Breite und Länge desselben auf die Ecliptik. Es sei S irgend ein Fixstern und p S r ein Halbkreis, welcher sich vom nördlichen Pole der Ecliptik p durch diesen Stern bis zum südlichen Pole der Ecliptik r hinerstreckt, so wird dieser Kreis ein Breitenkreis genennt. Er schneidet die Ecliptik im Punkte V und der Bogen VS heißt des Sternes S nördliche Breite. Der zwischen dem Frühlingspunkte G und

dem Durchschnittspunkte V liegende Bogen GV wird die Länge des Fixsternes S genennt, welche von G nach VEW u. s. w. ringsumher in Graden der Ecliptik gezählt wird. Hieraus geht nun deutlich hervor, daß durch Länge und Breite eines Fixsternes seine Lage auf der Himmelskugel genau bestimmt wird, sobald die Lage der Ecliptik fixirt ist. Denn durch die Größe des Bogens GV ist der Punkt V in der Ecliptik vom Anfangspunkte G bestimmt; durch diesen die Lage des Breitenkreises pVr und durch die Größe des Bogens VS ist endlich der Ort S vollkommen fixirt.

§. 119.

Denkt man sich einen Kreis durch die Punkte P, S und R, welcher den Aequator QGAWQ zwischen Q und G schneiden wird, z. B. in n, so ist der Bogen nS die nördliche Abweichung und der Bogen Gn die gerade Aufsteigung des Sternes S (§. 63.) und man kann aus diesen Bogen (nach Gründen der sphärischen Trigonometrie, die indessen hier nicht vorausgesetzt werden soll) sowohl die Länge als Breite desselben berechnen. Hierdurch entstanden schon in den ältesten Zeiten die sogenannten Fixsternverzeichnisse, in welchen der Ort der bedeutendsten Fixsterne nach Declination und Rectaszension, so wie auch nach Breite und Länge bestimmt worden ist. Das älteste dieser Verzeichnisse hat uns Ptolemäus in seinem Almagest (so heißt sein berühmtes, über die Lehren der Astronomie geschriebenes Werk) aufbehalten. Hipparchus (etwa 150 J. vor Christus) hatte in 48 Sternbildern ungefähr 1022 Sterne auf solche Art bestimmt. Weit später hatte Tycho de Brahe i. J. 1683, als Resultat seiner eignen Beobachtungen, ebenfalls ein solches bekannt gemacht. Im Jahre 1690 theilte Hevel ein ähnliches mit, worin 1870 Sterne

bestimmt waren. Der Engländer Flamstead gab i. J. 1712 ein Gleiches von 2919 Sternen heraus, die sämmtlich zu Grenwich aufgehen. Sehr vollständig sind die Sternverzeichnisse von Bode, von welchen das i. J. 1801 erschienene 17240 Sterne (zum Theil auch Nebelflecke und Sternhaufen, wovon im II. Th.) enthält.

Aus einer Vergleichung der älteren Angaben in Betreff der Lage der Fixsterne mit den neueren Resultaten hat es sich ergeben, daß die Breite derselben (d. h. der Bogen VS für den Stern S) heut zu Tage beinahe genau die nämliche ist, wie vormals, daß sich somit ihr Abstand von der Ecliptik nicht merklich geändert habe. Dagegen haben ihre Längen sich sehr bedeutend verändert gezeigt. War z. B. vor etwa 2200 Jahren die Länge des Sternes S die Größe des Bogens GV, so ist dieser Bogen in unsern Tagen beinahe um 30 Grade größer geworden, d. h. der Aequatorialpunkt G ist um 30° von G gegen K hin, d. h. von Morgen gegen Abend fortgerückt. Da man eine solche Bewegung von Osten nach Westen eine rückgängige nennt, so schreitet dieser Frühlingspunkt G immer weiter gegen K und dann gegen W und E bis wieder nach G in der Ecliptik fort. Seine Bewegung ist für ein Jahr = 50,1 Secunden; für 100 Jahre = 1° 23′ 30″ und für 2155 Jahre (und etwas darüber) = 30°, welche den Raum eines der himmlischen Zeichen (§. 116.) ausfüllen. Dieses erläutert dasjenige, was oben über das Vorrücken der Nachtgleichen (in §. 117.) gesagt worden ist und erst weiter unten, in Bezug auf die Ursache, wodurch es veranlaßt wird, eine deutliche Erklärung erhalten kann.

§. 120.

Da aus dem Bisherigen bekannt ist, daß sich unsere Erde innerhalb der Zeit eines Jahres um

die Sonne bewegt und diese Erscheinung allerdings eine höchst merkwürdige und für uns Erdbewohner von der größten Wichtigkeit ist, so drängt sich jedem Wißbegierigen die Frage auf: Welche Kräfte sind es, wodurch eine solche gesetzmäßig wiederkehrende Bewegung veranlaßt und stets forterhalten wird? — Zu ihrer Beantwortung muß die Lehre von der Centralbewegung nach ihren wesentlichen Grundzügen entwickelt werden.

In der Ebene des (willkührlichen, hier rechten) Winkels CAF (Fig. 70.) sei C ein fester und A ein beweglicher Punkt in beliebiger Entfernung von C. Nimmt man nun an, es wirke auf diesen Punkt A eine Kraft nach der Richtung AF; so, daß derselbe in einer gewissen Zeiteinheit (z. B. in einer Secunde) durch den Raum AB bewegt würde, so müßte dieser Punkt, wenn auch diese Kraft AB nur einmal auf ihn einwirkte, in den folgenden Zeitsecunden die der Linie AB gleichen Räume BD = DE = EF u. s. f. ins Unendliche zurücklegen, da nichts ist, was ihre Wirkung entweder beschränkte oder aufheben könnte (§. 90.). Nimmt man aber ferner an, es werde der Punkt A, außer von der Kraft AB, zugleich noch von der Kraft AG afficirt, wodurch derselbe in einer Secunde den Raum AG zurücklegte, so ist aus dem früher (§. 95.) Bewiesenen bekannt, daß man nun das Parallelogramm ABHG bilden und dessen Diagonale AH ziehen müsse, welche die Richtung und Größe der aus beiden Kräften hervorgehenden mittlern Kraft darstellt. Es würde demnach das Bewegliche in einer Secunde den Raum AH zurücklegen und sich am Ende dieser Zeit in H befinden. Wäre es nun in H sich selbst überlassen, d. h. wirkte hier keine neue Kraft auf dasselbe ein, so müßte es in der verlängerten AH seinen Weg nach HK so fortsetzen, daß es sich, wenn HK = AH genommen wird,

am Ende der folgenden Secunde in K befände, und es würde nunmehr nach der über K verlängerten AHK seine Bahn wiederum ohne Ende mit gleichförmiger Bewegung fortsetzen. Wirkte aber in H (am Anfange der zweiten Secunde) außer der Kraft HK zugleich wieder die nach dem festen Punkte C gerichtete Kraft HI = AG ein, so würde, nach vollendetem Parallelogramme HKLI, die Diagonale HL der Raum seyn, welchen es in dieser zweiten Secunde durchwanderte. Wirkte in L keine Kraft nach C hin, so müßte das Bewegliche in der über L verlängerten HL in der dritten Secunde so nach N fortschreiten, daß LN = HL wäre. Wiederholte sich aber im Anfang dieser dritten Secunde die nach C gerichtete Kraft LM = HI wieder, so wäre LO, als Diagonale des Parallelogrammes LNOM, der Weg für diese dritte Secunde. Ebenso würde OR die Bahn im Laufe der vierten Secunde seyn, wenn mit Anfang dieser Secunde die Kräfte OP = LO und OQ = LM auf das Bewegliche zugleich wirkten. — Hieraus ist nun klar, daß, wenn in A eine Kraft AB auf das Bewegliche A nur einmal, eine Kraft AG = HI = LM = OQ von Secunde zu Secunde auf dasselbige einwirkt, dieses Bewegliche in dem geradlinigen Polygone AHLOR fortbewegt werde.

§. 121.

Man erkennt sogleich, daß der Grund der Entstehung dieser Winkelbahn AHLOR in der Art zu suchen ist, nach welcher die gegen C gerichteten Kräfte HI, LM, OQ in getrennten Pausen der Zeit (hier von Secunde zu Secunde) auf das Bewegliche einwirkten. So oft nämlich eine dieser, gegen den festen Punkt C hingerichteten Kräfte ihre Wirkung äußert, wird das Bewegliche von seiner frühern Bahn plötzlich in etwas abgelenkt, wie

dieses in H durch die Kraft HI, in L durch LM, in O durch OQ der Fall ist, und diese plötzliche Ablenkung muß nothwendiger Weise in seiner Bahnlinie einen Winkel erzeugen. In je kleinern Zwischenpausen diese Kräfte nach C wirksam sind, desto näher werden auch diese Winkel an einander liegen und die Winkellinie selbst muß sich einer krummen Linie immer mehr annähern. Wirkte auf A eine Kraft AB nur einmal und eine nach C gerichtete Kraft ununterbrochen d. h. in jedem noch so kleinen Zeittheilchen, so müßte diese Winkellinie gänzlich verschwinden, und die Bahn des Beweglichen wäre nunmehr die krumme Linie AHLOR (Fig. 71.), da das Krumme nichts anderst, als ein vom Geraden stetig Abgelenktes ist. — Man nennt die Kraft AB (Fig. 70.), welche das Bewegliche in A stets von dem Punkte C abzulenken strebt, die Fliehkraft oder Centrifugalkraft; die Kraft AG dagegen, welche in ihrer Richtung immer nach dem festen Punkte C gerichtet ist, die Ziehkraft oder Centripetalkraft. In H ist HK die Fliehkraft und HI ist Ziehkraft; in L ist jene durch LN, diese durch LM dargestellt. Beide Kräfte heißen mit einem gemeinschaftlichen Worte: Centralkräfte und C wird der Mittelpunkt der Kräfte, sowie die Bewegung um ihn her die Centralbewegung genennt. Die Linien CA, CH, CL, CO, CR, welche vom Mittelpunkt der Kräfte C nach irgend einem Punkte des Beweglichen in seiner Bahn gezogen werden, heißen Radius vector (Leitfaden).

§. 122.

Wird nun die gerade Linie CK gezogen, so ist, weil die beiden Dreiecke HKC und HLC einerlei Grundlinie HC und, da KL mit HC parallel ist, auch einerlei Höhe haben, die Fläche des Dreiecks

HKC der Fläche des Dreiecks HLC gleich. Allein die Dreiecke AHC und HKC haben auch, weil AH = HK und C ihre gemeinsame Spitze ist, einerlei Flächeninhalt. Daher ist auch das Dreieck AHC dem Dreiecke HLC gleich. Ganz auf ähnliche Art überzeugt man sich, daß auch das Dreieck LOC dem Dreiecke HLC gleich sei, weil Dreieck LOC = Dreieck LNC und dieses letztere wieder = Dreieck HLC ist. Ebenso muß auch das Dreieck ORC wieder jedem der Dreiecke LOC, HLC und AHC gleich an Fläche seyn. Da nun das Dreieck AHC jene Fläche ist, welche der Radiusvector CA mit dem Beweglichen von A nach H in der ersten Zeiteinheit beschreibt, und jedes folgende, diesem ersten gleiche Dreieck in derselbigen Zeit von dem Radiusvector und dem Beweglichen beschrieben wird, so ist der allgemeine (sehr wichtige) Satz bewiesen: Bei jeder Centralbewegung sind die von dem Radiusvector und dem Beweglichen in gleichen Zeiten beschriebenen Flächenräume ebenfalls von gleicher Größe; oder: die von dem Radiusvector und dem Beweglichen in verschiedenen Zeiten beschriebenen Räume stehen im geraden Verhältnisse dieser Zeiten d. h., wenn in der einfachen Zeit der einfache Flächenraum beschrieben wird, so würde in der dreifachen Zeit der dreifache, in der zehnfachen Zeit der zehnfache Flächenraum u. s. w. zurückgelegt werden. Da dieses Gesetz ganz allgemein ist, so muß ihm jede besondere Art der Centralbewegung unterworfen seyn.

§. 123.

Nun sei mit der willkührlichen Linie ca (Fig. 72.) ein Kreis beschrieben, und der bewegliche Punkt a werde von einer mit ac einen rechten Winkel bildenden Fliehkraft = ab so afficirt, daß er z. B. in

einer Secunde den Raum ab zurücklegen würde. Wird nun die gerade cb und von n auf ca das Loth nd gezogen, so hätte sich in b der bewegte Punkt um das Stückchen bn vom Centrum c entfernt, und dieses Stückchen bn stellt die Wirkung der Fliehkraft ab in Bezug auf diesen Punkt c dar. Wenn nun das Bewegliche in der Zeit von einer Secunde durch eine Ziehkraft = bn wiederum gegen dieses Centrum hingezogen würde, so müßte es im Punkte n eintreffen und hätte sich somit in einem Kreisbogen von a nach n bewegt. Je kleiner ab ist, destoweniger wird das Viereck abnd von einem Parallelogramme (hier von einem Rechtecke) und bn von ad verschieden seyn; so, daß auch ad als die Fliehkraft angesehen werden kann. Daher läßt sich sagen, das Bewegliche a werde um den Mittelpunkt c einen Kreis beschreiben, wenn die in a wirkende Fliehkraft dasselbe so weit von diesem Centrum abzulenken strebt, als die Ziehkraft ein Streben hat, dieses Bewegliche um ebensoviel wieder demselben anzunähern, d. h. wenn beide Centralkräfte in ihrer Wirkung einander gleich sind.

Da die Bewegung im Kreise nur eine besondere Art der Centralbewegung überhaupt ist, so muß auch das allgemeine Gesetz (§. 122.), welchem diese unterworfen ist, auf jene anwendbar seyn. Wenn demnach der Radiusvector ca in der ersten Secunde mit dem vom Beweglichen durchlaufenen Raum an den Sector acn beschreibt, so muß dieses Bewegliche in n seine Bahn so fortsetzen, daß in der zweiten Secunde von ihm und von dem Radiusvector ein gleicher Flächenraum beschrieben wird. Nun ist aber der Sector ncm nur dann dem Sector acn an Fläche gleich, wenn der Bogen nm dem Bogen an gleich ist. Demnach muß das Bewegliche in der zweiten Secunde diesen Bogen nm = Bogen an beschreiben. Ebenso kann nur dann Sector mco =

Sector ocp = Sector pcq = Sector qcr = Sector acn seyn, wenn Bogen mo = Bogen op = Bogen pq = Bogen qr = Bogen an ist. Folglich muß das Bewegliche a die Peripherie des Kreises aorsta so beschreiben, daß es immer in gleichen Zeiten auch gleiche Räume durchläuft, d. h. jede Centralbewegung im Kreise muß eine gleichförmige (§. 90.) seyn.

§. 124.

Wenn demnach auf das Bewegliche a eine Fliehkraft ab nur einmal und eine nach c gerichtete, diese Fliehkraft genau ausgleichende Ziehkraft ad ununterbrochen auf dasselbe einwirkt, so muß dasselbe die kreisförmige Bahn aorsta um den Punkt c beschreiben. In den Anfangspunkt a zurückgekehrt, kann es nun nicht in Ruhe bleiben, sondern muß, da beide Centralkräfte fortwährend einwirken (die Ziehkraft nach der Annahme und die Fliehkraft nach einem bekannten (§. 90.) Grundsatze) auch hier wieder seine Bewegung im Kreise gerade so fortsetzen, wie zuvor, und ins Unendliche in derselben beharren, wenn keine äußere Kräfte störend darauf einwirken.

Die Zeit, binnen welcher das Bewegliche den Umfang des Kreises zurücklegt, heißt die Umlaufszeit, welche um so kleiner seyn wird, je größer das Maß der Intensität der beiden Centralkräfte ist. Wirkten diese z. B. mit doppelter Stärke, so würde die Umlaufszeit nur die Hälfte der frühern betragen u. s. w.

Nimmt man an, das Bewegliche a sei durch den Kreisbogen aors bis s gekommen und hier höre die Centripetalkraft nach c plötzlich auf zu wirken, so würde es, der Fliehkraft allein folgend, sich nach der Tangente sv gegen v hin fortbewegen und nie mehr gegen c gelenkt werden. Denkt man sich aber,

in s sei die Centrifugalkraft plötzlich aufgehoben, so würde das Bewegliche, der Ziehkraft allein Folge leistend, sich von s gegen c bewegen.

Ein Beispiel zur Erläuterung hierüber stellt die bekannte Schleuder dar. Wird nämlich an einem Faden ein Metallkügelchen befestigt, das Ende des Fadens mit der Hand angefaßt und der Faden im Kreise herumgeschwungen, so ist das Kügelchen von zwei Kräften bewegt; von einer Ziehkraft gegen die Hand hin, deren Daseyn aus dem Zerreißen des Fadens erkannt wird, wenn der Zusammenhang seiner Theile zu schwach ist, um das Kügelchen gegen die Hand zurückzuhalten, und von einer Fliehkraft, vermöge welcher das Kügelchen seitwärts hinausgeschleudert wird, wenn man den Faden aus der Hand losläßt.

§. 125.

Wenn Amnop (Fig. 73.) ein Kreisbogen um C ist, welchen das Bewegliche in A durch die Wirkung zweier sich ausgleichenden Centralkräfte beschreibt und man nimmt an, es wirke in A die Fliehkraft in erhöhetem Maße auf dieses Bewegliche ein, so muß es auch dieser in höherem Maße folgen und eine Bahn ABDEFG beschreiben, welche sich oberhalb der Kreisbahn Amnop hin erstreckt und worin die Punkte B, D, E, F immer weiter vom Mittelpunkte der Kräfte in C entfernt sind. Wäre nun der Sector ABC jene Fläche, welche in irgend einer bestimmten Zeit vom Radiusvector und dem Beweglichen beschrieben würde, so müßte der in der folgenden (der ersten gleichen) Zeit beschriebene Sector BDC dem Sector ABC gleich an Fläche seyn (§. 122.). Da aber die zwischen B und D liegenden Punkte immer weiter von C entfernt sind, je mehr sie von B nach D hin rücken, so kann Sector BCD nur dann = Sector ACB seyn, wenn

BD kleiner als AB ist. Ebenso muß, wenn Sect. DCE = Sect. BCD und Sect. ECF = Sect. DCE seyn soll, DE kleiner als BD und EF kleiner als DE seyn. Es werden aber die Bogen AB, BD, DE, EF von dem Beweglichen alle in gleichen Zeiten zurückgelegt. Folglich ist die Bewegung des Punktes A durch den Bogen ADG eine ungleichförmige, und hier eine verminderte, weil die in gleichen Zeiten zurückgelegten Räume immer kleiner werden.

Wäre Amop (Fig. 74.) die Kreisbahn des Beweglichen und es wirkte die Ziehkraft nach C vorherrschend über die zur Bewegung im Kreise nöthige Fliehkraft, so würde ABDEFG die Bahn des Beweglichen werden, welches sich, dieser erhöheten Ziehkraft folgend, in den Punkten B, D, E, F immer mehr dem Punkte C annähern müßte. Sollen nun ACB, BCD, DCE, ECF die in gleichen Zeiten beschriebenen Sectoren seyn, so muß hier AD größer als AB, DE größer als BD, EF größer als DE seyn. Da aber diese immer größer werdenden Bogen in gleichen Zeiten zurückgelegt werden, so muß die Bewegung hier eine beschleunigte (§. 91.) seyn. — Es kann demnach nur in dem Kreise eine gleichförmige Bewegung stattfinden.

§. 126.

Da eine der wichtigsten Anwendungen von der Centralbewegung jene ist, welche sich auf die Bewegungen in der Ellipse bezieht, so muß hier von der Entstehung und den Eigenschaften derselben Einiges beigebracht werden. Es sei ABD (Fig. 75.) ein senkrechter Kegel, BqDt seine Grundfläche, A seine Spitze, AC dessen Axe, so stellt das gleichschenkelige Dreieck BAD sein Axendreieck dar. Wird nun in seiner Seite AD ein willkührlicher

Punkt E angenommen und durch ihn eine Ebene gelegt, welche den Kegel parallel mit der Grundfläche durchschneidet, so entsteht bekanntlich ein Kreis EmFnE, welcher größer oder kleiner ist, je nachdem die schneidende Ebene näher oder entfernter gegen die Grundfläche liegt. Wird aber dieser Kegel so durchschnitten, daß die schneidende Ebene nach der Richtung der Linie EG geht, welche die Seite AB des Kegels in G schneidet, und daß diese Ebene zugleich auf der Ebene des Axendreiecks ABD lothrecht steht, so entsteht auf der krummen Oberfläche des Kegels eine Curve EbGpE, welche Ellipse genennt wird. Ebenso heißt auch die von dieser Curve begrenzte Ebene eine Ellipse; auf ähnliche Weise, wie man unter dem Worte Kreis sowohl die Kreislinie als auch die Kreisebene versteht. — Schneidet die Ebene nach der Richtung EH, parallel mit AB und wiederum senkrecht auf ABD stehend, so entsteht die Curve sEt, welche Parabel heißt; wobei auch wieder die parabolische Linie sEt von der parabolischen Ebene EsHtE unterschieden werden muß. Man erkennt sogleich, daß die Ellipse eine ringsum abgeschlossene, die Parabel dagegen eine bei sHt nicht abgeschlossene Ebene sei, indem sich die Schenkel Es und Et immer weiter von der Mittellinie EH (welche die Axe heißt) entfernen, je weiter man sich den Kegel BAD unterhalb der Grundfläche BD verlängert denkt. Geschieht der Schnitt nach der auf BD lothrecht stehenden Linie EI und auch auf BAD senkrecht stehend, so entsteht die Curve qEr, welche Hyperbel genennt wird und, gleich der Parabel, ebenfalls keine ringsumher abgeschlossene Ebene ist. Auch ihre Schenkel Eq und Er entfernen sich immer mehr und mehr von der Axenlinie EI, je weiter der Kegel BAD unter BD verlängert wird. — Ellipse, Parabel und Hyperbel sind jene drei merkwürdige Kegelschnitte,

worüber uns ein ächtclassisches Werk von Apollonius von Pergä (etwa 200 J. v. Chr.) zugekommen ist, welchen die Alten mit dem Ehrennamen des großen Geometers bezeichnet hatten. Wenn der Punkt G, als Endpunkt der Durchschnittslinie EG, näher gegen F rückt, so wird sich die Ellipse immer mehr dem Kreise EmFn annähern und demnach immer weniger verschieden von ihm seyn. Rückte aber der Punkt G immer weiter gegen B hin, so würden die Ellipsen immer ablanger, sich immer mehr und mehr von der Kreisgestalt entfernen und der parabolischen Krümmung sEt mehr annähern. Dort geht die Ellipse allmählig in den Kreis und hier allmählig in die Parabel über.

§, 127.

Von diesen drei Kegelschnitten (§. 126.) ist die Ellipse den Astronomen am wichtigsten, da sich die himmlischen Körper in elliptischen Bahnen bewegen. Um dieses etwas näher zu übersehen, muß die graphische Construction der Ellipse nachgewiesen werden. Es sei die beliebig gewählte gerade Linie AB (Fig. 76.) in C halbirt, hier die gerade DCE lothrecht auf sie errichtet und CD = CE kleiner als CA = CB genommen. Wird nun mit CA = DF aus dem Punkte D ein Kreisbogen beschrieben, welcher die CA in F, die CB in *f* schneidet, so sind diese beiden Punkte F und *f* diejenigen, welche die durch A, D, B und E gehende Ellipse bestimmen. Man denke sich in F und *f* zwei auf der Ebene des Papiers lothrecht stehende dünne Stifte und einen Faden ohne Ende, dessen Länge = F*f* + *f*D + DF ist, so durch ein in D befindliches wohl zugespitztes Bleistift gespannt, daß er das gleichschenkelige Dreieck FD*f* bildet. Wird nun dieses Bleistift von D nach H hin (bei immer angespannten Fäden) fortbewegt, so kommen diese Fäden

einmal in die Lage FHf, FBf, FIf, FEf, FKf, fAF, FGf und die Bleistiftspitze beschreibt die in sich selbst zurücklaufende Curve DHBIEKAGD, welche die Ellipse ist. Man nennt AB die große, DE die kleine Axe derselben; F und f sind ihre Brennpunkte, und jede der geraden Linien FG, FD, FH, FB, FI, FE, FK u. s. w. heißt der Radiusvector. Die Linie CF = Cf = $\sqrt{}$ (DF^q — DC^q) = $\sqrt{}$ (CA^q — CD^q) wird ihre Excentricität genennt. Man erkennt sogleich, daß, je kleiner CF = Cf ist, desto kleiner ist auch CA^q — CD^q, oder destoweniger ist CA von CD verschieden, d. h. um so weniger ist die Ellipse vom Kreise verschieden. Je größer dagegen CF gegen CA ist, um so excentrischer d. h. um so mehr abweichend vom Kreise ist die Ellipse. Eben so klar geht auch aus dieser Construction hervor, daß immer FG + Gf = FD + Df = FH + Hf = FI + If = AB sei. Denn die ganze Fadenlänge ist immer = FD + Df + fF und die Größe von fF bleibt, bei der Beschreibung der Ellipse, immer von der nämlichen Größe. Daher ist in der Ellipse die Summe irgend zweier Radiusvectoren, welche nach demselbigen Punkte des Umfangs gezogen werden, immer der großen Axe gleich. — Es kann demnach eine Ellipse auch dadurch construirt werden, daß man die Entfernung der Brennpunkte F und f willführlich nimmt, dazu ein beliebiges Stück FA setzt, einen Faden ohne Ende (d. h. einen solchen, dessen zwei Enden mit einander verbunden sind) = 2fA macht und nun mit der in A befindlichen Bleistiftspitze die Curve AGDH u. s. w. beschreibt. Hier ist immer AF + ½Ff, d. h. AF + FC die halbe große Axe und die kleine Axe wird durch das in C auf AB errichtete Loth DCE bestimmt. — Die Benennung: Brennpunkte haben die Punkte F und f aus der Optik erhalten. Denn wenn z. B. ein

elliptisch geschliffenes Stück GAV eines Hohlspiegels der Sonne gehörig, d. h. so entgegengehalten wird, daß die Sonnenstrahlen mit der Linie BA ungefähr parallel laufen, so werden diese in die Höhlung GAV eintreffenden Strahlen so zurückgeworfen, daß sie sich im Punkte F vereinigen und hier eine große Hitze erzeugen.

§. 128.

Das Gesetz, nach welchem die beiden Centralkräfte, in Bezug auf ihr gegenseitiges Maß, zusammenwirken müssen, damit das Bewegliche eine Ellipse von bestimmter Excentricität (§. 127.) beschreibt, kann hier nicht entwickelt werden, weil dieses tiefere mathematische Lehren voraussetzt. Indessen wird man aus dem Bisherigen die Möglichkeit erkennen, wie durch ihre Wechselwirkung eine solche elliptische Bahn beschrieben werden kann. Es sei demnach (Fig. 77.) ADNE jene Ellipse, in welcher das Bewegliche A um den Brennpunkt F schreitet und der Sector AFG stelle jene Fläche vor, welche von diesem Beweglichen in einer beliebigen zur Einheit gewählten Zeit beschrieben wird, so hat dasselbe in eben dieser Zeit den Bogen AG zurückgelegt. Da nun, nach dem allgemeinen Gesetze der Centralbewegung (§. 122.) der in der zunächst folgenden, der vorigen gleichen Zeit beschriebene Sector GFH dem Sector AFG gleich seyn muß; der Radiusvector FH aber größer als FG ist, so können diese beiden Sectoren nur dann an Fläche einander gleich seyn, wenn der Bogen GH kleiner als der Bogen AG ist. Weil aber GH den Weg des Beweglichen in dieser zweiten Zeit darstellt, so muß dessen Fortschreiten von G nach H langsamer geschehen, als jenes von A nach G. Nimmt man für die 3te, 4te, 5te Zeit die Sectoren HFK = KFI = IFM = AFG, so müssen auch hier die in diesen gleichen Zeiten be-

schriebenen Räume HK, KI, IM immer kleiner und kleiner werden. Setzt man ferner die Sectoren BFN = NFO = OFP = AFG, so muß auch der Bogen BN der kleinste Bogen dieser Sectoren seyn. Daher wird die halbe Ellipse AGHKDBN mit einer stets abnehmenden Geschwindigkeit durchlaufen; während die andere Hälfte derselben d. h. NOPEA wiederum mit einer stets zunehmenden Geschwindigkeit beschrieben wird. Denn wenn Sector BFN = Sector NFO ist, so muß Bogen BN = Bogen NO seyn. Für Sector OFP = Sector NFO wird aber wieder Bogen OP um etwas größer als Bogen NO; für Sector QFR = Sector OFP muß QR größer als OP und für Sect. SFT = Sect. QFR muß ST größer als QR seyn u. s. f. Demnach muß jede Bewegung in einer Ellipse eine ungleichförmige seyn. In A ist sie am schnellsten, in N am langsamsten und in D und E haben mittlere Verhältnisse statt. — Diese Ungleichförmigkeit der Bewegung wird um so mehr hervortreten, je größer die Excentricität CF gegen die halbe große Axe CA der Ellipse ist. Je kleiner aber CF gegen CA wird, desto mehr nähert sich die Ellipse dem Kreise und somit die Geschwindigkeit in ihr immer mehr der Gleichförmigkeit (§. 123).

§. 129.

Diese theoretischen Hülfssätze (§. 120. — 128.) finden nunmehr ihre wichtige Anwendung auf die Bewegung der Erde um die Sonne. Es haben vielfach wiederholte Beobachtungen gelehrt, daß der scheinbare Durchmesser der Sonnenscheibe (§. 70.) veränderlich an Größe erscheint. Der größte, welcher zur Zeit des Wintersolstitiums wahrgenommen wird, ist = 32′ 35, 6″; der kleinste, in der Zeit des Sommersolstitiums, ist = 31′ 31″, und der mittlere, welchen man zur Zeit der beiden Nacht-

gleichen findet, ist = 32′ 3, 3″. Demnach sind wir der Sonne bald am nächsten, bald sind wir am weitesten von ihr entfernt und einmal befinden wir uns in einer mittlern Entfernung von ihr, und die Bahn der Erde um die Sonne kann keine genau kreisförmige seyn. Zugleich lehren diese Beobachtungen, daß auch die Geschwindigkeit, womit die Sonne sich in der Ecliptik zu bewegen scheint, verschieden, und da, wo sie uns am nächsten steht, am größten ist; so wie in der größten Ferne von uns ihre Bewegung am kleinsten und in den beiden mittlern Abständen auch von mittlerer Größe erscheint. Am 1. Januar (bei einer Länge (§. 116.) von 280°) schreitet sie in einem Tage um 61′ 10″ fort, indessen ihr Fortrücken am 1. Julius (bei einer Länge von 100°) nur 57′ 11″ in eben dieser Zeit beträgt. Da endlich weitere Beobachtungen gelehrt haben, daß sich auch die Flächenräume, welche der aus dem Mittelpunkte der Sonne nach dem Centrum der Erde gezogene Radiusvector beschreibt, gerade so wie die Zeiten verhalten, so ist hierdurch unumstößlich bewiesen, daß die Erde keinen Kreis, sondern eine elliptische Bahn um die Sonne beschreibt, in deren Brennpunkt sich diese letztere befindet. Indessen ist diese Ellipse nicht um sehr Bedeutendes von einem Kreise verschieden. Denn man hat gefunden, daß wenn (Fig. 78.) CE die halbe große Axe derselben ist, ihre Excentricität CS nur $\frac{1}{60}$ von CE beträgt, wodurch der Werth der halben kleinen Axe $CA = \sqrt{(AS^q - CS^q)} = \sqrt{(CE^q - CS^q)}$ wird, und EABDE die elliptische Erdbahn darstellt. Die große Axe EB heißt nunmehr die Absidenlinie. Da SE der kleinste Radiusvector ist, so wird der Stand der Erde in E die Erdnähe oder das Perigäum; jener in B, bei dem größten Radiusvector SB, die Erdferne oder das Apogäum genennt. Die Abstände SA und SD stellen die

mittleren Entfernungen dar. Demnach ist in E die fortschreitende Bewegung der Erde am größten, bei B am kleinsten und bei A und D haben die mittlern Verhältnisse statt. Die eine Hälfte der Erdbahn, worin das Perigäum liegt, nämlich DEA, wird daher in kürzerer Zeit durchlaufen, als jene Hälfte ABD, worin sich das Apogäum befindet. Der Unterschied beträgt etwa 8 Tage von den 365 Tagen des Jahres und da sich die Erde bei E in dem Winter-, bei B in dem Sommer-Solstitialpunkte befindet, wie man aus Beobachtungen weiß, so ist die Zeit vom Herbstäquinoctium in A, durch den Sommer bei B, zur Frühlingsnachtgleiche in D um 8 Tage länger als das Winterhalbjahr durch DEA. Nach den genauesten Bestimmungen hat man folgende Werthe anzunehmen. Es ist

SE = 20318499 geographische Meilen
SB = 21015101 " "
SA = 20666800 " "
CS = 348300 " "

§. 130.

Fragt man nun um den physischen Grund, durch welchen die Erde genöthigt wird, diese elliptische Bahn um die Sonne zu beschreiben, so wird derselbe aus der bisher entwickelten Lehre von der Centralbewegung hervorgehen, sobald nur nachgewiesen ist, daß die Erde durch eine Centripetalkraft gegen die Sonne gezogen und von einer Centrifugalkraft sich seitwärts von ihr zu entfernen strebt. Was nun jene Ziehkraft betrifft, so ist sie die Folge eines allgemeinen Gesetzes der Natur, nach welchem alles Körperliche ein Streben hat, sich gegenseitig anzuziehen. Auf dieser Anziehungskraft der einzelnen Körpertheilchen gegen einander beruhet der Zusammenhang (die Cohärenz) der für sich (als getrennte Ganze) bestehenden Erd-

körper. Aus ihrem in den kleinsten Theilchen derselben nach höherm oder vermindertem Maße von Intensität wirkenden Wechselverhältnisse gehen alle chemische Verbindungen und Trennungen hervor; auf sie sind endlich alle Erscheinungen der Schwerkraft irdischer Körper (§. 93.) gegründet, da diese Kraft nichts anderst ist, als ein Streben, jeden von der Erdmasse getrennten und sich selbst überlassenen Körper gegen ihr Centrum mit bedeutender Stärke hinzuziehen. Auf gleiche Art wirkt nun auch diese anziehende Kraft über die Erde hinaus, z. B. gegen unsern Mond hin, welcher (wie weiter unten gezeigt werden wird) sich nach ihr hinbewegen müßte, wenn keine andere Kraft ihn daran hinderte. Da nun unsere Sonne mehr als eine Million mal größer (§. 70.) als die Erde ist, so wird auch ihre ungeheure Masse ein Streben äußern, diese letztere gegen sich zu ziehen und die Erde müßte mit gleichförmig beschleunigter (§. 91.) Geschwindigkeit nach der Sonne fallen, wenn keine ablenkende Kraft sie davon abhielte. So erscheint also die Anziehungskraft des Materiellen gegen das Materielle bald in den kleinsten Entfernungen der körperlichen Theilchen von einander und heißt chemische Anziehungskraft (Verwandtschaft) bald in den von der Erde getrennten, sich selbst überlassenen Körpern als Schwerkraft, und bald zwischen den im Weltraume befindlichen, durch große Räume von einander getrennten Himmelskörpern als Gravitation (oder Gravität).

Wenn nun die in E (Fig. 78.) befindliche Erde von der ungeheuern Sonnenmasse in S angezogen wird, und, den bisherigen Lehren zufolge, sich nicht in gerader Linie ES gegen sie, sondern vielmehr (wie die Beobachtungen gelehrt haben) in der elliptischen Curve EABDE um sie her bewegt, so muß, außer dieser Ziehkraft in E, noch eine seitwärts wirkende Fliehkraft von E nach F vorhanden

seyn, wodurch jene Ziehkraft so beschränkt wird, daß aus der Wechselwirkung beider Kräfte diese Bahn hervorgeht. Da die Ziehkraft eine Folge der Sonnenmasse und der Erdmasse ist und diese beide Massen in S und in E vorhanden sind, so wirkt diese gegenseitige Anziehungskraft in jedem Momente der Zeit, d. h. stetig zwischen beiden Körpern. Die Fliehkraft nach EF braucht dagegen nur einmal auf die Erde in E gewirkt zu haben, um ihre Wirkung ins Unendliche fort zu äußern (§. 90.). Denn da sie von der nach ES hin wirkenden Ziehkraft (weil zwischen beiden Kräften kein voller, sondern nur ein partieller Gegensatz besteht) nur zum Theil aufgehoben und hierdurch stets nach anderer Richtung hin zu wirken, modificirt wird, so besteht dieselbe auch in dieser ihrer Beschränkung ohne Ende fort.

§. 131.

Da die Erdbahn nicht sehr viel von einem Kreise abweicht, indem ihre Excentricität CS nur $\frac{1}{60}$ von von CE beträgt, so werden auch die beiden Centralkräfte, durch deren Wechselwirkung dieselbe von der Erde beschrieben wird, unter sich selber nicht sehr bedeutend verschieden seyn (§. 123.). Gleichwie nun die Centripetalkraft, als eine dem Materiellen ursprünglich einwohnende Anziehungskraft, mit dem Daseyn der Sonne und der Erde als gegeben betrachtet werden kann, so könnte auch über die Quelle der Fliehkraft gefragt werden, um ihrer primitiven Entstehung nachzuforschen. Obwohl sich erst weiter unten etwas Näheres darüber wird sagen lassen, so mag doch hier schon in Betreff der täglichen Axendrehung und der jährlichen progressiven Bewegung der Erde Folgendes bemerkt werden. Da die Erde sich von Westen nach Osten um ihre Axe dreht und auch von Abend gegen Morgen um

die Sonne bewegt, so stimmen beide Bewegungen so überein, daß man sie wohl aus einerlei Ursache abzuleiten geneigt ist. Es sei EBHI (Fig. 79.) die Erde, CNA irgend ein über N verlängerter Halbmesser, AE eine Tangente (§. 73.) in dem Punkte E und CE ein nach E gezogener Radius. Zieht man nun von A eine zwischen AE und AC fallende gerade Linie AB und stellt sich unter AD die Richtung und Größe einer gegen die Erde auf den Punkt B wirkenden Stoßkraft vor, so kann dieselbe, wenn DF mit AN und DG mit AE parallel gezogen wird, als eine mittlere Kraft angesehen und in die beiden äußern Kräfte AG und AF zerlegt werden (§. 95.). Jene wirkt, nach der verlängerten Richtung AG, auf den Mittelpunkt der Erde in C und ertheilt diesem Körper eine Bewegung nach der über C verlängerten AC hin. Diese aber ist am Ende von CE in E (lothrecht auf CE) wirksam und wirkt als Drehkraft so auf die Erde ein, daß diese nach der Richtung EIHN um ihr Centrum rotiren muß. — Demnach bewirkt eine schiefwirkende Kraft AD nicht allein eine progressive, sondern auch eine rotirende Bewegung des Erdkörpers, und wenn die Richtung von A nach D jene von Abend nach Morgen ist, so muß sowohl das Fortschreiten der Erde als ihre Axendrehung von Westen nach Osten erfolgen. Ist diese rotirende Bewegung einmal vorhanden, so besteht sie ebenfalls ins Unendliche fort und es bedarf nicht einer stets neu einwirkenden Drehkraft AF. — Wenn die Linie AB den Winkel EAC halbirt, so ist AF = AG, d. h. hier würde die Hälfte der Kraft AD, als Stoßkraft auf C, und die andere Hälfte als Drehkraft auf E wirken. Man erkennt sogleich, daß zwischen den Kräften AF und AG unzählig vielerlei Verhältnisse ihrer wechselseitigen Größe bestehen können. — Ist also die Erde irgend

einmal von einer solchen Kraft AD afficirt worden, so erklärt sich jede ihrer zwei Hauptbewegungen hieraus. Wodurch aber diese Kraft selber ihr Daseyn erhielt, kann nur aus wahrscheinlichen (im II. Theile zu entwickelnden) Gründen erschlossen werden.

§. 132.

Der Begriff des Sterntags ist, nebst jenem des Sonnentags, bereits oben (§. 55, 64.) erklärt worden. Nunmehr können aber beide erst genauer miteinander verglichen werden, und zwar sowohl nach der scheinbaren Bewegung der Sonne durch den Fixsternhimmel, als nach der wirklichen Bewegung der Erde um die Sonne. Es sei (Fig. 80.) der Kreis um ad die Erde, MNOP ein Theil der scheinbaren Sonnenbahn um dieselbe, MN die Richtung von Westen nach Osten, QFT ein Theil des scheinbaren Himmelsgewölbes und der Fixstern F befinde sich mit dem Centrum der Sonne in S′ zugleich in dem Meridian des Erdortes a, so ist die Linie caS′F eine gerade Linie. In dieser Stellung der drei Körper bildet die culminirende Sonne den Mittag für den Ort a und der Fixstern F culminirt ebenfalls. Nun nehme man an, die Erde bleibe mit ihrem Mittelpunkte c unbewegt und drehe sich binnen 24 Stunden von Westen nach Osten in der Richtung anbd einmal um ihre durch c gehende Axe, so wird genau nach dieser Zeit der Fixstern F wiederum culminiren; die Sonne aber wird inzwischen um einen Theil ihres (scheinbaren) Jahreskreises von S′ nach S″ fortgerückt seyn. Soll diese nun ebenfalls wieder im Meridiane erscheinen, so muß sich die Erde noch um den kleinen Bogen an von a nach b hin um ihre Axe drehen, wo dann in n die nächstfolgende Culmination der Sonne eintritt, d. h. der nächstfolgende Sonnentag (§. 64.) beginnt. Daher

ist der Sonnentag größer als der Sterntag (§. 55.), und zwar hier um jene Zeit, welche die Erde gebraucht, um den kleinen Bogen an durch ihre Rotation zu beschreiben. Dieser Bogen an ist aber dem Bogen S′S″ gleich, welchen die Sonne innerhalb 24 Stunden zurückgelegt hat. Da dieser ungefähr 1^0 beträgt (§. 116.) der ganze Umkreis aber in 24 Stunden, d. h. in 1440′ zurückgelegt wird, so beträgt die Zeit, welche dem Bogen S′S″ = an zugehört, $\frac{1440'}{360}$, d. h. 4′. Demnach ist der Sonnentag ungefähr um 4′ größer als der Sterntag.

§. 133.

Die Entwickelung dieser Verschiedenheit der Tagesdauer nach der wirklichen Bewegung der Erde um die Sonne und nach ihrer wirklichen Axendrehung ist folgende. Es sei (Fig. 81.) S die unbewegte Sonne, **ABDE** ein Theil der Erdbahn um dieselbe, **EDBA** die Richtung von Westen nach Osten, **MFN** ein Theil des Fixsternhimmels und in c′ befinde sich die Erde.

Wenn nun a′ der Ort des Beobachters ist und die gerade Linie c′a′SF durch den Mittelpunkt der Sonne gerade den Fixstern F trifft, so culminirt die Sonne mit diesem Sterne zugleich. Nach 24 Stunden ist die Erde von c′ nach c″ fortgeschritten und hat sich inzwischen nach der Richtung a′bd′ (von Abend nach Morgen hin) genau einmal um ihre Axe gedreht, wodurch die Linie a″d″ mit a′d′ wiederum genau parallel ist und der Stern F (weil der Bogen c′c″ gegen den Abstand des Fixsterns von der Erde = o ist (§. 30.)) abermals in dem Meridian erscheint. Da aber die Entfernung der Sonne von der Erde gar viel kleiner ist als jene der Fixsterne (§. 70.), so befindet sich die Sonne bei der Lage der Erde in c″ noch nicht in dem Mittagskreise, indem die Gesichtslinie c″nS nach dem

Sonnen-Mittelpunkte mit dem Erdhalbmesser a''c'' einen Winkel a''c''S bildet. Es muß sich demnach die um ihre Axe rotirende Erde noch um den Bogen a''n weiter drehen, damit das Centrum der Sonne wiederum in dem Meridian erscheinen kann. Da aber, wegen der Parallelen a''c'' und Sc', der W. a''c''n dem Winkel c'Sc'' gleich ist; dieser letztere aber jenes Stück der Erdbahn bezeichnet, welches die Erde genau in 24 Stunden zurückgelegt hat, so ist auch hier der Sonnentag um soviel größer als der Sterntag, als wieviele Zeit die Erde gebraucht, um den bemerkten Theil der Erdbahn zu durchlaufen. Da sich nun die Erde in 24 Stunden oder in 1440 Minuten gleichförmig um ihre Axe dreht und von Tag zu Tag etwa um 1° in ihrer Bahn fortschreitet, so kommt wiederum auf einen Gradbogen die Zeit von $\frac{1400}{360}$ d. h. von 4', wie zuvor (§. 132.) ebenfalls gefunden worden ist.

§. 134.

Bewegte sich die Erde in einem vollkommenen Kreise um die Sonne, so wäre ihr tägliches Fortschreiten in demselben genau gleichförmig (§. 123.) d. h. alle von ihr binnen 24 Stunden zurückgelegten Bogen müßten unter sich gleich groß seyn. Die Erdbahn ist aber eine Ellipse (§. 129.) und somit im Perihelium die Geschwindigkeit der Erde am größten, im Aphelium am kleinsten und am Ende der kleinen Axe von einem mittleren Maße (§. 128.). Wenn demnach (Fig. 81.) die Erde in 24 Stunden von c' nach c'' und in den zunächst folgenden 24 Stunden von c'' (in dem größern Bogen) nach A fortschreitet, so bestimmt in jener Lage der Bogen a''n und in dieser der Bogen a'''m weniger dem Bogen a''n den Unterschied, der zwischen dem Sonnentage und Sterntage besteht. Da nun W. a'''Am = W. ASc' und W. a''cn'' = W.

c''Sc' ist, so muß auch das Bogenmaß dieser Winkel d. h. Bog. a'''m — Bog. a''n = Bog. Ac''c' — Bog. c''c' = Bog. Ac'' seyn. Allein es ist der Bogen Ac'' größer als der Bogen c''c'. Folglich ist der Bogen a'''m größer als der doppelte Bogen a''n und der Unterschied der beiden Tage (d. h. des Sonnen- und des Sterntages) in A muß mehr als noch einmal so viel betragen als diese Differenz in c'' betragen hatte. — Je größer daher der Bogen ist, welchen die Erde binnen 24 Stunden zurücklegt, desto mehr, und je kleiner dieser Bogen ist, desto weniger beträgt der Unterschied des jedesmaligen Sonnen- und Sterntages.

Außer diesem ungleich-schnellen Fortschreiten der Erde in ihrer Bahn gibt es noch einen andern Grund, welcher den Sonnentagen eine ungleiche Dauer verleiht. In (Fig. 69.) stellte PR die Himmelsaxe, AWQGA den Aequator, KWEGK die Ecliptik, pr die Axe derselben, WCG den Durchschnitt des Aequators mit der Ecliptik und der W. ECQ die Schiefe der Ecliptik dar.

Drehte sich nun der Fixsternhimmel in 24 Stunden um pr als Axe der Ecliptik, so würde nur das ungleich-geschwinde Fortrücken der Erde in der Bahn GEWK die Ungleichheit der Sonnentage bestimmen. Allein, wenn sich die Erde bei dem Frühlings-Aequinoctium in G befindet, so entspricht dieser Ort dem Punkte A (in Fig. 78.), in welchem sie einen mittlern Grad von fortschreitender Geschwindigkeit hat, welche sich sodann von A bis zum Aphelium in B immer noch mehr vermindert. Diesem elliptischen Quadranten AB entspricht (Fig. 69.) der Bogen GE, welcher sich von dem Aequator GQW immer mehr entfernt. Denkt man sich nun von G nach E in dem Quadranten GE z. B. zehn mit immer etwas abnehmender Geschwindigkeit (jedoch jeder genau in 24 Stunden) von der Erde zurückgelegte Bogen G1,

1.2, 2.3 u. s. w. und denkt sich ferner größte Kreise, welche durch die Punkte P1R, P2R, P3R u. s. f. gelegt sind, so müssen diese den Aequatorialquadranten GQ in den Punkten 4, 5, 6 . . . so schneiden, daß die Bogen G4, 45., 5.6. ungleich an Größe sind, und sich nicht so zu einander verhalten, wie die zuvor bemerkten Bogen der Ecliptik: G1, 1.2., 2.3. u. s. f. Die Zeiten, in welchen die Aequatorialbogen G4, 4.5, 5.6. von einem in G befindlichen Fixsterne durchlaufen würden, stehen aber, wegen der Gleichförmigkeit der Axendrehung der Erde, im geraden Verhältnisse dieser Bogen. Folglich werden die Zeiten der Sonnentage, bei der gegen den Aequator schiefen Bewegung der Erde von G nach E, auch aus diesem Grunde von verschiedener Dauer seyn.

§. 135.

Da die wahren Sonnentage auf solche Weise von verschiedener Dauer sind und aus Beobachtungen hervorgeht, daß ihr Unterschied auf mehr als 16 Minuten anwächst, so würden sowohl die Stunden des Tages als jene der Nacht, ebenfalls eine verschiedene Länge haben, wollte man jeden dieser Sonnentage in 24 gleiche Zeitabschnitte (Stunden) eintheilen, und die Zeit nach diesen bestimmen. Es ist demnach eine andere Zeitbestimmung nöthig geworden. Man denkt sich nämlich eine zweite Sonne, welche mit gleichförmiger Bewegung den ganzen Aequator durchläuft, während die wahre Sonne in derselbigen Zeit (eines Jahres) die ganze Ecliptik mit ungleichförmiger Geschwindigkeit zu durchwandern scheint. Hier bildet nun der Augenblick, in welchem diese erdichtete Sonne in dem Mittagskreise eines Ortes erschiene, den mittlern Mittag, welcher bald vor und bald nach der Culmination der wirklichen Sonne stattfindet. Die

Zeit zwischen einem mittlern Mittage und dem zunächst auf ihn folgenden, bildet den mittlern Sonnentag; seine Stunden sind die mittlern Sonnenstunden, und die auf solche Weise bestimmte Zeit wird die mittlere Sonnenzeit genennt. Diese mittlere Zeit zeigen unsere künstlichen Räderuhren an; die wahre Zeit dagegen bestimmen die Sonnenuhren, welche deßhalb nicht mit jenen das ganze Jahr hindurch übereintreffen können, indem der wahre Mittag bald vor, bald nach dem mittlern stattfindet. Viermal im Jahre treffen beide zusammen: am 15. April, am 15. Junius, am 31. August und am 24. December. Den Zeitunterschied, der von Tag zu Tag zwischen dem wahren und dem mittlern Mittage besteht, nennt man die Zeitgleichung, vermittelst welcher dieser Mittag aus jenem und jener durch diesen bestimmt werden kann.

Wenn eine genau gehende Uhr am 24. December mit der Culmination der wahren Sonne gerade 12 Uhr zeigt, so ist am nächstfolgenden wahren Mittage ihr Minutenzeiger schon um ½ Minute weiter über 12 Uhr fortgerückt. Dieses Vorausgehen wächst nun von Tag zu Tag, bis es am 10. Februar ¼ Stunde beträgt. Hierauf geht die Uhr wieder allmählig zurück, bis sie am 15. April mit dem wahren Mittage ebenfalls genau 12 Uhr zeigt. Nach diesem beschleunigt sich wieder ihr Gang; so, daß sie am 28. Julius gegen 6 Minuten zu schnell geht. Von hier bis zum 31. August vermindert sich dieses wiederum, und am bemerkten Tage zeigt sie mit der Sonne den Mittag an. Jetzt wird ihr Gang stufenmäßig verspätet und am 17. November beträgt diese Verspätung ¼ Stunde. Von hier an nimmt dieses Zurückbleiben allmählig ab und am 24. December trifft der wahre Mittag mit der Uhrstunde 12 wieder zusammen.

§. 136.

Das Jahr kann entweder als ein tropisches oder als siderisches betrachtet werden. Jenes besteht in der Zeit, welche zwischen zwei zunächst aufeinander folgenden Frühlings- oder Herbst-Aequinoctien, oder auch zwischen zwei unmittelbar aufeinander folgenden Sommer- oder Winter-Solstitien liegt. Denn jene Zeit muß dieser genau gleich seyn, da es einerlei ist, ob die Umlaufszeit durch (Fig. 78.) ABDEA von A (oder von D) aus, oder durch EABDE von E (oder von B) aus gemessen wird. Die Benennung: tropisch bezieht sich auf den Stand der Sonne in einem der Wendekreise (Tropen), weil man zwei unmittelbar auf einander folgende Frühlings- (oder auch Herbst-) Aequinoctien nach ihrem Zeitintervalle beobachtet hat. Dieses Jahr beträgt 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. Gäbe man nun dem bürgerlichen Jahre genau die Größe von 365 Tagen, so würde dasselbe immer um die nicht unbedeutende Zeit von 5 St. 48 M. 48 Sec. zu frühe anfangen. Es betragen aber diese 5 St. 48 M. 48 Sec. so viel als 20928 Sec., und da 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. = 31556928 Sec. sind, so würde der Anfang des Jahres nach $\frac{31556928}{20928}$, d. h. nach 1507 bis 1508 Jahren alle Jahreszeiten rückwärts dnrchwandert haben. Da dieses Verwirrung im bürgerlichen Leben erzeugen müßte, so setzte man die Zeit eines Jahres auf 365 T. 6 St., d. h. auf $365\frac{1}{4}$ T. fest und schaltete mit jedem vierten Jahre (weil 6 mal 4 = 24 ist) einen ganzen Tag ein, wodurch das Schaltjahr aus 366 T. besteht. Da aber hierdurch jedes einzelne Jahr um 11 M. 12 Sec. (denn 1 St. weniger 48 M. 48 Sec. gibt 11 M. 12 Sec.) zu groß angenommen wird, so hat man die Bestimmung getroffen, am Schlusse von drei unmittelbar aufeinander folgenden Jahr-

hunderten den Schalttag wegzulassen und denselben erst wieder am Ende des vierten Jahrhunderts einzufügen. Hierdurch enthält das Jahr $365\frac{1}{4}$ T. weniger $\frac{3}{400}$ Tage, d. h. $365\frac{97}{400}$ Tage, welches 365 T. 5 St. 49 M. 12 Sec. und somit ein Resultat gibt, welches die Größe des tropischen Jahres von 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. nur um 24 Sec. übertrifft. Dieser Ueberschuß könnte nun wieder dadurch vermindert werden, daß man in der Zeit von je 4000 Jahren wieder einen Schalttag wegließ, wodurch sich die Größe des bürgerlichen Jahres immer in den nahen Grenzen des tropischen hält.

§. 137.

Gleichwie das tropische Jahr (§. 136.) aus einer Vergleichung der Erde zur Sonne hervorgeht, so entsteht das siderische Jahr aus dem räumlichen Verhältnisse der Erde zu den Fixsternen. Nun ist oben (§. 119.) bemerkt worden, daß die Fixsterne im Laufe eines Jahres um 50,1 Secunden von Osten nach Westen fortschreiten, oder, welches eben so viel ist, daß ihre Länge (§. 119.) um diesen Winkel zugenommen hat. Daher muß die Sonne, nach Ablauf des tropischen Jahrs, von jedem Fixstern um 50,1 Sec. weiter nach Westen hin abstehen, als sie zu Anfang dieses Jahres von ihm entfernt war. Demnach hat die Sonne, in Bezug auf diese Fixsterne noch keinen vollen Kreis abgeschlossen, sondern nur 360° weniger 50,1″, d. h. 359° 59 M. 9,9 Sec. zurückgelegt und muß demnach noch etwas weiter in ihrer Bahn fortrücken, um genau in jene Stellung gegen die Fixsterne zu kommen, in welcher sie zu Anfang ihres tropischen Jahres gewesen ist. Da sich die Zeiten hier wie die beschriebenen Bogen verhalten, so wird man durch die Proportion:

360° — 50,1 Sec. : 360° wie sich die Zeit

des tropischen Jahres zur Zeit des siderischen Jahres verhält, d, h. durch die Proportion: 1295949,9 : 1296000 = 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. : x, den Werth von x = 365 T. 6 St. 9 M. 8 Sec. finden, welcher die Größe des siderischen Jahres ist, wodurch dieses um 20 M. 20 Sec. größer als das tropische Jahr erscheint.

Nunmehr kann auch die scheinbare mittlere Bewegung der Sonne (eigentlich das wirkliche mittlere Fortschreiten der Erde in ihrer elliptischen Bahn um die Sonne) für irgend einen bestimmten Abschnitt der Zeit berechnet werden. Da nämlich während der Zeit des tropischen Jahres d. h. binnen 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. die 360 Grade der Sonnenbahn durchlaufen werden, so verhält sich diese Zeit so zur Zeit eines Tages, wie sich 360 Grade zur mittlern täglichen Bewegung der Sonne verhält. Dies gibt die Proportion: 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. : 1 T. = 360° : x° oder, wenn alle Glieder in Secunden verwandelt werden, 31556928 : 86400 = 1296000 : x″, welches x = 3548,33017 Sec. gibt; oder, die tägliche mittlere Bewegung der Sonne beträgt etwa 59′ 8⅓″. Demnach ist die mittlere stündliche Bewegung der Sonne = 2′ 27,8471″. In einer Minute wird diese Bewegung = 2⅓ Sec. und für jede Secunde ist sie = $\frac{1}{25}$ Sec. — Die Sonne legt daher in einem gemeinen Jahre von 365 Tagen einen Bogen von 359° 45′ 40,5″ und in einem Schaltjahre von 366 Tagen einen Bogen von 360° 44′ 48,8″ zurück. Auf gleiche Weise findet man umgekehrt, daß die Sonne in 24 Zeitsecunden einen Bogen von 1 Sec.; in 24 M. 21 Sec. einen Bogen von 1 Minute; in 24 St. 20 M. 58 Sec. einen Bogen von 1° und sodann in 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec. ihren ganzen Umlauf von 360° zurücklegt.

§. 138.

Außer der bisher mehrmals betrachteten Veränderung in der Lage der Aequinoctialpuncte (§. 119.) (Vorrücken der Nachtgleichen) hatten schon die älteren Astronomen wahrgenommen, daß auch die Schiefe der Ecliptik, d. h. der bekannte Winkel, welchen ihre Ebene mit jener des Aequators bildet (§. 107.) keine beständige Größe, sondern einer (wiewohl weit geringern) Veränderung unterworfen sei. Schon Ptolemäus (etwa 125 J. nach Chr.), welcher die Entfernung der beiden Wendekreise von einander durch den Bogen von 47° 40′ 45″ und somit die Schiefe der Ecliptik zu 23° 50′ 22,5″ angegeben hatte, fügte hinzu, daß Eratosthenes (geb. i. J. 276 v. Chr. Geb.) eben dieses Resultat gefunden habe, welches auch von Hipparch (etwa 160 J. vor Chr.) gebraucht worden sei. Die spätern Beobachtungen gaben diesen Winkel immer kleiner als die ältern an, wie aus folgender (aus Bohnenberger's und Littrow's Astronomie entlehnten) Tafel hervorgeht. Es fand nämlich diesen Winkel

der Chinese Tschu-Kong, 1100 J. v. Ch.	= 23° 52′ 0″
der Grieche Pytheas, 350 J. v. Chr.	= 23° 49′ 20″
der Araber Ibn-Junis i. J. 1000 n. Ch.	= 23° 34′ 26″
der Chinese Coschu-King i. J. 1280 n. Ch.	= 23° 33′ 2″
Ulug-Beigh i. J. 1437 n. Ch.	= 23° 31′ 48″
Delambre am 1. Jan. 1800	= 23° 27′ 57″
Maskelyne	= 23° 27′ 56,6″
Piazzi	= 23° 27′ 56,3″

woraus eine fortschreitende Abnahme der Schiefe der Ecliptik hervorgeht, welche von Jahr zu Jahr beiläufig 0,48368 Secunden beträgt. Daß diese Abnahme, so wie sie aus obigen Resultaten erkannt wird, keinem bestimmten Gesetze folgt, liegt theils in der Schwierigkeit dieser feinen Untersuchungen, theils in der Mangelhaftigkeit jener Werkzeuge, deren

sich die älteren Astronomen bedienen mußten. Wenn nun diese Schiefe der Ecliptik immerfort (nach den bemerkten Zahlen ungefähr) abnähme, so würden (wie man beiläufig berechnen kann) in dem Jahre 179297 Ecliptik und Aequator vollkommen zusammen fallen und es müßte auf der ganzen Erde immerwährend Tag und Nacht einander gleich seyn. Indessen lehren die hierüber angestellten feinsten Rechnungen der berühmtesten Astronomen, daß dieser Winkel sich immer in den Grenzen von 21° bis zu 28° so halten müsse, daß Jahrtausende verfließen müßten, bis dieser Zwischenraum von 7° durchwandert ist. Nach La Grange betrug die Schiefe der Ecliptik i. J. 29.400 vor Chr. in ihrem Maximum 27° 31′; i. J. 14.400 vor Chr. betrug ihr Minimum 21° 20′. Im Jahr 2000 v. Chr. war ihr größter Werth wieder 23° 53′. Nach dieser Zeit nimmt sie fortwährend ab, bis sie i. J. 6600 nach Chr. Geb. ihren kleinsten Werth von 22° 54′, und dann wieder, nach weitern 127000 Jahren, den größten Werth von 25° 21′ erhalten wird. — Der physische Grund dieses interessanten Phänomens (der Einfluß der Planeten unseres Sonnensystems auf die Sonnenbahn) kann erst weiter unten (im **II.** Th.) etwas deutlicher erkannt werden.

§. 139.

Aus dem Frühern (§. 47.) ist bereits bekannt, daß sich der eigentliche Pol der Himmelskugel nicht da befinde, wo wir den Polarstern erblicken. Dieser ist jedoch um keine volle zwei Grade vom eigentlichen Himmelspole entfernt; ein Abstand, welcher indessen nichts weniger als sich gleich bleibend, sondern im Laufe vieler Jahre sehr veränderlich ist. Zu den Zeiten des Ptolemäus z. B. war eben dieser Stern um volle zwölf Grade vom Pole entfernt und damals konnte man ihn deßhalb

nicht den Polarstern nennen. Der Grund davon ist in dem schon mehrmals erwähnten Phänomene zu suchen, nach welchem sich die Länge der Firsterne in einem Jahre ungefähr um 50,1 Secunden (§. 119.) vergrößert. Nun war z. B. im Anfang des Jahres 1800 die Länge des Polarsterns = 85° 46′ 28,4″ und seine Breite war = 66° 4′ 18,8″; folglich betrug sein Abstand vom Pole der Ecliptik die Ergänzung dieses Winkels zu 90°, d. h. sie war = 23° 55′ 41,2″. Nimmt man nun an, seine Länge wachse ebenfalls um die Ergänzung zu 90°, d. h. um 4° 13′ 31,6″, so gehörte dazu eine Zeit von 303,6 Jahren. Sein Breitenkreis würde sodann mit dem Colur der Solstitien (§. 118.) zusammenfallen und seine Entfernung vom Pole des Aequators wäre nun am kleinsten. Sie würde gefunden, wenn man von seinem Abstande vom Pole der Ecliptik die zu jener Zeit statthabende Schiefe der Ecliptik abzieht. Diese beträgt aber nach 303,6 Jahren 303,6 × 0,48368 (§. 138.) oder beinahe 147 Sec. Setzt man nun die Schiefe der Ecliptik des Jahres 1800 = 23° 27′ 57″, so wird diese, 303,6 Jahre später, d. h. i. J. 2103 nur 23° 25′ 30″ betragen und die Entfernung des Polarsterns vom eigentlichen Himmelspole wäre im Jahre 2103 nur noch 23° 55′ 41″ weniger 23° 25′ 30″, d. h. sie betrüge nur 30′ 11″.

§. 140.

Nachdem in dem Bisherigen die verschiedenen Erscheinungen betrachtet worden sind, welche aus den räumlichen Verhältnissen der Sonne gegen die Erde hervorgehen, so muß der Blick nunmehr unserm Monde, dem steten Begleiter des Erdkörpers, zugewendet werden. Die Entfernung des Mondes von uns, die Bestimmung seiner Gestalt und Größe ist bereits oben (§. 67, 69, 72.) der Gegen-

stand einleitender Kenntnisse desselben gewesen, welche nunmehr ausführlicher zu entwickeln sind.

Jedermann weiß, daß uns der Mond bisweilen, nachdem die Sonne untergegangen ist, in der westlichen Gegend des Himmels mit einer sichelförmigen Beleuchtung erscheint. Diese erleuchtete Sichel zeigt sich immer zur Rechten des Beobachters und nach jener Stelle hin, wo sich die untergegangene Sonne befindet. Bei sehr reiner Luft erblickt man auch das Ergänzungsstück der Mondscheibe; jedoch nur mit einem aschgrauen Lichte und einem Kreise von kleinerm Halbmesser zugehörig, als jener, welchem der beleuchtete Theil anzugehören scheint. Am nächstfolgenden Abende, zur nämlichen Stunde, erblickt man den Mond schon um beiläufig 13° von Westen gegen Osten hin fortgerückt und das erleuchtete Stück hat sich in seiner Mitte bemerkbar vergrößert, d. h. die Mondes-Sichel ist breiter geworden. Fortgesetzte Beobachtungen lehren, daß diese Bewegung nach Osten hin von Tag zu Tag die bemerkten 13° beträgt, wobei das beleuchtete Stück sich einmal zu einem vollen Halbkreis gestaltet; dann nach und nach mehr als diesen Halbkreis darstellt; bis der Mond einmal, kurz nach Untergang der Sonne, in der östlichen Himmelsgegend mit seiner durchaus beleuchteten Kreisscheibe (als Vollmond) aufgeht. Von nun an wird sein Aufgang immer mehr und mehr verspätet, der helle Kreis verliert zur Rechten allmählig seine Beleuchtung, nach einigen Tagen ist gerade dessen Hälfte zur Linken erleuchtet und jene zur Rechten bleibt unsichtbar. Bald bildet sich abermals eine Sichelgestalt, bei welcher indessen dieses sichtbare Stück sich zur Linken, d. h. östlich zeigt, und nach einigen Tagen ist der ganze Mond unsichtbar geworden. Allein nach Verlauf von 29 Tagen erblickt man den Mond wieder wie zuvor in der westlichen Gegend

des Himmels sichelförmig gestaltet nach Sonnenuntergang, und es wiederholen sich die oben bemerkten Erscheinungen in periodischer Wiederkehr. Außer dieser eignen Bewegung des Mondes durch den Fixsternhimmel zeigt er (so lange er uns sichtbar ist) das Phänomen des Auf- und Untergangs, als Folge von der Axendrehung unserer Erde.

§. 141.

Verfolgt man diesen Weg, welchen der Mond durch den Sternhimmel zurücklegt, so ergibt sich sogleich, daß derselbe nicht sehr weit von der Ecliptik entfernt ist; ja, daß er während 29 Tagen zweimal die Ecliptik durchschneidet; so, daß die Hälfte seines Wegs auf der nördlichen und die zweite Hälfte desselben auf der südlichen Seite sich befindet. Daher hatte man schon seit den ältesten Zeiten die Ueberzeugung gewonnen, daß der Mond innerhalb der Zeit eines Monats eine in sich selbst abgeschlossene Bahn um die Erde beschreibe; wodurch diese den Mittelpunkt der Mondesbewegung bildet. Nur dadurch kann man die bekannten wechselnden Lichtgestalten innerhalb jedes Monates erklären. Daraus aber, daß der Sehwinkel (§. 68.), worunter uns der Durchmesser des Mondes erscheint, bald größer, bald kleiner gefunden wird, indem er theils 33′ 31″ theils 29′ 22″ beträgt, folgt wiederum, daß er dort einen kleinern, hier einen größern Abstand von uns hat; daß somit seine Bahn kein vollkommner Kreis seyn könne. Genauere Beobachtungen und daranf gegründete Rechnungen haben gelehrt, daß er sich in einer Ellipse um die Erde bewegt, und daß diese sich in ihrem Brennpunkte befindet. Die halbe große Axe derselben, welche zugleich die mittlere Eutfernung (§. 127.) des Mondes von der Erde bestimmt, hat eine Größe von 60,2965 Erdhalbmessern oder von 51842,8 deutschen Meilen. Die Excentricität d. h.

die Entfernung des Brennpunktes von dem Mittelpunkte der großen Axe beträgt 0,05484 von der Größe dieser halben großen Axe und ist ungefähr 2850 deutschen Meilen gleich. Wenn AB (Fig. 82.) die große Axe der elliptischen Mondbahn, folglich = 120,5930 Erdhalbmesser ist, so wird AC = 60,2965 und CF = 0,05484 Erdhalbmesser. Setzt man AC = 1, so wird CA : CF = 1 : 0,05484, wofür man, zur bequemern Uebersicht, CA : CF = 1 : 0,055 d. h. = 1000 : 55 = 200 : 11 setzen kann. Da nun 11 in 200 beinahe 18mal enthalten ist, so beträgt hier die Excentricität CF etwa $\frac{1}{18}$ von der halben großen Axe CA. Da die Excentricität der Erdbahn nur $\frac{1}{60}$ von CA beträgt, so ist die Mondbahn weit mehr von dem Kreise abweichend, als die Laufbahn der Erde. Demnach ist auch die Geschwindigkeit des Mondes weit ungleichförmiger, als jene der Erde (§. 128.). In dem Perigäum bei A ist daher diese Geschwindigkeit am größten, im Apogäum bei B am kleinsten; in D und E dagegen von mittlerer Größe. Die große Axe AB heißt auch hier die Absidenlinie. Endlich haben die sehr oft wiederholten Beobachtungen gelehrt, daß sich auch hier die Flächenräume der Sectoren AFG, GFH, HFI so zusammen verhalten, wie die Zeiten, welche der Mond gebraucht, um die Bogen AG, GH, HI zu durchlaufen.

§. 142.

Aus dem Frühern (§. 65, 67.) ist bekannt, daß der Abstand der Sonne von unserer Erde etwa 400 mal größer ist, als die Entfernung des Mondes von derselben. Lägen demnach noch die Bahnen dieser Himmelskörper in einer und derselbigen Ebene, so müßte der Mond in der Zeit von ungefähr 29 zu 29 Tagen zwischen der Erde und Sonne vorübergehen und den Erdbewohnern eine Sonnenfinsterniß

verursachen. Denn wenn SABD (Fig. 83.) die Ebene der scheinbaren Sonnenbahn, MFGH die Ebene der Mondesbahn, E der Ort der Erde, M jener des Mondes, und S jener der Sonne ist, so stände der Mittelpunkt des Mondes in gerader Linie SME mit jenem der Sonne und der Erde, und der undurchsichtige Mond würde die Sonnenscheibe (ganz oder zum Theil) bedecken, d. h. es entstände für die Erdbewohner in a eine Sonnenfinsterniß. Da nun die Sonne von S gegen D hin weit langsamer fortschreitet, als sich der Mond in seinem monatlichen Laufe MHGF um die Erde bewegt, so hat dieser z. B. den Weg MHGFN zurückgelegt, wenn jene durch den Bogen SI fortgeschritten ist, und es müßte auch jetzt wieder in der Lage I, N, E dieser drei Himmelskörper eine Sonnenfinsterniß stattfinden, wie dieses bei S, M, E der Fall gewesen ist. Da 29 in 365 mehr als 12 mal enthalten ist, so würde diese Erscheinung sich im Laufe eines Jahres mindestens 12 mal wiederholen müssen. Dieses geschieht jedoch nicht und der einfache Grund davon liegt darin, daß die Ebene der Mondbahn mit jener der Sonnenbahn (der Ecliptik) einen Winkel (von 5° 8′ 47″) bildet. Man denke sich unter BACEFB (Fig. 84.) einen Theil von der Ebene der Ecliptik, unter GACEHG eine Ebene, welche jene unter einem Neigungswinkel ICD = 5° 8′ 47″ in der geraden Linie AE durchschneidet, nehme in der Ebene GAEH die kreisförmige Bahn AKEMA, welche der Mond um die in C befindliche Erde beschreibt, so befindet sich die Hälfte der Mondbahn d. h. das Stück AKE oberhalb und ihre andere Hälfte EMA unterhalb der Ecliptik. Die gerade Linie AE, nach welcher sich die beiden Ebenen durchschneiden, heißt die Knotenlinie, der Punkt A, in welchem sich der Mond über die Ecliptik gegen Norden hin erhebt, wird der aufsteigende

Knoten (sein Zeichen ist ☊); der Punkt E dagegen, bei welchem er unter dieselbe hinabrückt, der absteigende Knoten (mit dem Zeichen ☋) genennt. So geht der Mond wohl allmonatlich zwischen Sonne und Erde vorüber; aber, bald oberhalb bald unterhalb der Ecliptik stehend, geht die Gesichtslinie, von der Erde zur Sonne gezogen, seitwärts an demselben vorbei, ohne eine Finsterniß zu veranlassen. Diese kann nur dann eintreten, wenn sich der Mond in den Knoten selbst oder in der Nähe eines dieser beiden Punkte, d. h. bei oder in A oder E befindet, weil er nun entweder ganz genau, oder doch beinahe, seine Stelle in der Ecliptik hat, wodurch die Mittelpunkte dieser drei Körper: Sonne, Mond, Erde entweder genau oder doch beinahe in einer geraden Linie liegen.

§. 143.

Nunmehr lassen sich auch die allmonatlich wiederkehrenden Lichtwechslungen (Phasen) des Mondes sehr einfach erklären. Es sei (Fig. 85.) in A das Centrum der Erde, in C jenes der Sonne und zwischen beiden [jedoch nicht immer in gerader Linie (§. 142.)] befinde sich in B der Mond. Die von der Sonne nach dem Monde hin ausgehenden Parallel-Strahlen (§. 65.) werden die gegen die Sonne gewendete Halbkugel acb (und noch etwas weniges darüber §. 76.) beleuchten; die Hemisphäre adb dagegen im Dunkel lassen. Da wir nun von der Erde aus nur diese nicht beleuchtete Hälfte unserm Auge zugewendet erhalten, so muß uns der Mond in dieser Stellung unsichtbar seyn. Sie bildet den Neumond und es befindet sich der Mond von seinem Aufgange bis zum Untergang immer in der Nähe der Sonne am Himmel. Hat nun derselbe den vierten Theil seiner Bahn um die Erde zurückgelegt und ist von B nach D gekommen, so ist

wiederum acb die von der Sonne erleuchtete, adb die dunkle Halbkugel, denn die Sonnenstrahlen treffen auch hier (wegen der sehr großen Entfernung der Sonne vom Monde) parallel mit CA auf denselben. Hier ist aber der Erde in A von der Mondesscheibe cbd nur die Hälfte cb sichtbar und die andere Hälfte bd (als nicht beleuchtet) unsichtbar. Daher muß uns gerade die halbe Mondesscheibe zu unsrer Rechten erleuchtet erscheinen, und der Mond befindet sich im ersten Viertel. Es ist nämlich nur der vierte Theil seiner ganzen Kugel für uns sichtbar, welcher sich halbkreisförmig darstellen muß, da wir, der großen Entfernung wegen, keine Erhabenheit wahrnehmen können. Schreitet der Mond nun in seiner Bahn weiter fort und gelangt in die Stellung von E, so wendet er seine volle halberleuchtete Kugel acb gegen die Erde zu; die nicht beleuchtete adb aber von derselben ab. Hierdurch entsteht der Vollmond. Bewegt sich der Mond von E nach F, so ist wieder acb die beleuchtete, adb die beschattete Seite desselben und wir erblicken von der Erde aus die Hälfte seiner Scheibe, nämlich ca, erleuchtet; die andere Hälfte ad können wir aber nicht wahrnehmen. Hier erscheint der Mond in dem letzten Viertel, und so wie wir bei seiner Stellung in D die zu unsrer Rechten befindliche halbe Mondesscheibe beleuchtet sahen, so erblicken wir nunmehr die zur Linken stehende desselben. Wenn nun der Mond das Stück FB seiner Bahn noch zurücklegt, so tritt in der Lage von B wieder der Neumond ein und die so eben bemerkten Phasen erneuen sich nach der beschriebenen Weise. Daß die Sonne, während der Mond von B nach I, D, K u. s. w. fortschreitet, sich selber nach dieser Himmels-Gegend (von Westen nach Osten nämlich) zu bewegen scheint, ändert diese vier (hier wesentlichen) Raum-Verhältnisse in B, D, E, F nicht

ab, da der Mond seinen ganzen Umlauf schon nach etwa 29 Tagen vollendet; die Sonne daher etwa nur den zwölften Theil ihres Umkreises in dieser Zeit zurückgelegt hat.

§. 144.

Gleichwie die vier Hauptstellungen des Mondes in B, D, E und F die eben bemerkten vier Hauptphasen bilden, so gehen aus den Zwischenlagen in I, K, L und M auch mittlere Lichterscheinungen hervor. Bei I muß der Mond, da bc die Grenze der sichtbaren Beleuchtung bezeichnet, sichelförmig erscheinen. Denn wenn man eine etwa 6 Zoll im Durchmesser haltende, halb weiß und halb schwarz gefärbte Kugel so vor das Auge hält, daß die weiße Halbkugel ganz von ihm abgewendet ist, so kann man nur die schwarze erblicken. Dreht man dagegen diese Kugel um einen auf der Ebene eines wagrechten Tisches lothrecht stehenden (gedachten) Durchmesser, als Axe, dergestalt, daß die zur Rechten stehende schwarze Gesichtsgrenze sich um etwas Weniges nach vornen bewegt, so erscheint sogleich ein Stückchen der weißen Halbkugel an dieser rechten Seite in Gestalt einer Sichel. Durch fortgesetztes sanftes Umdrehen der Kugel wird diese Sichel in ihrer Mitte allmählig breiter und wenn die Drehung der Kugel den vierten Theil ihres Umkreises beträgt, so zeigt sich ein weißer Halbkreis (erstes Viertel). Ein weiteres Drehen bringt alle übrige Haupt- und Nebenphasen zur Anschauung, welche letztere aus den Stellungen in K, L und M hervorgehen, bei welchen cb, ac und ac den jedesmal sichtbaren Theil der Mondeskugel darstellt. —

Man benennt den Neumond und Vollmond mit dem gemeinschaftlichen Worte: Syzigien; das erste und letzte Viertel nennt man die Quadraturen. Da bei dem Neumonde sich der Mond in B zwischen

der Sonne C und der Erde A befindet und folglich die von der letztern nach dem Monde gezogene und über denselben verlängerte Gesichtslinie in der Nähe der Sonne eintrifft, so sagt man, der Mond sei nun in Conjunction mit der Sonne, indem beide, von der Erde aus, nach derselbigen Richtung hin an dem Himmel erblickt werden. Bei dem Vollmonde in E ist dagegen der Mond in Opposition mit der Sonne in C, da von der Erde aus diese beiden Körper in entgegengesetzten Seiten des Himmels erscheinen. Wenn die Sonne in Westen untergegangen ist, so steigt der Vollmond in Osten empor.

Nunmehr kann auch die oben (§. 72.) bemerkte Erscheinung, daß der Mond einige Tage nach dem Neumonde, bei hellem Himmel, außer dem sichelförmigen Stücke, noch dessen Ergänzung zur ganzen Scheibe, jedoch diese in aschgrauem Lichte zeigt, gehörig erklärt werden. Wenn ABC (Fig. 86.) einen Theil der Mondbahn um die in E befindliche Erde, M den Ort des Mondes und S jenen der Sonne darstellt, so hat Neumond statt. Wenn aber der Mond von M nach N etwas weniges fortgeschritten ist, so erscheint das erleuchtete Stückchen bc sichelförmig; allein das Sonnenlicht, welches die Halbkugel fhg der Erde beleuchtet, wird von dieser zurückgeworfen, ein Theil desselben gegen die Hemisphäre adc des Mondes gelenkt und gelangt von dieser durch eine abermalige Reflexion wieder zur Erde in E, wodurch das Stück adc des Mondes mit sehr geschwächtem Lichte beleuchtet erscheint. Da das Licht durch jede Zurückwerfung, die es erleidet, an seiner Intensität verliert, so folgt hieraus, daß das Ergänzungsstück zur Mondesscheibe nur bei recht heiterm Himmel wahrgenommen werden kann.

Auch erkennt man deutlich, daß diese Mondesphasen (§. 143.) einen directen Beweis von der wirklichen Bewegung des Mondes um die Erde liefern,

indem dieselbe nur unter dieser Voraussetzung entstehen können.

§. 145.

Die Zeit, welche der Mond gebraucht, um seinen einmaligen Umlauf um die Erde zu vollenden, wird ein Monat genennt. Da aber dieser Umlauf entweder auf die Wiederkehr zu denselbigen Fixsternen, oder auf die Wiederkehr der Neu- und Vollmonde bezogen werden kann, so ist auch der Monat ein doppelter; ein siderischer und ein sinodischer. Es sei (Fig. 87.) E die Erde, GNP ein Stück der Mondbahn um dieselbe und DQT ein Theil des Fixsternhimmels. Wenn sich nun der Mond in M befindet, so wird er, von der Erde aus, durch die Gesichtslinie EMS mit dem Fixstern S in Conjunction erscheinen. Nun rückt er von Tag zu Tag von M nach N, von N nach O, um etwa 13° weiter gegen Morgen am Sternenhimmel fort (§. 140.); folglich kommt er allmählich mit den Fixsternen bei Q und bei R in Conjunction und durchwandert so nach und nach die gesammten 360° seines Kreises. Da nun 13° in 360' etwas mehr als 27mal enthalten ist, so wird er nach 27 Tagen (genauer nach 27 T. 7 St. 43 Min. 11,51 Sec.) wieder bei demselbigen Fixstern in S erscheinen, und diese Zeit bestimmt seinen siderischen Monat. Der periodische (oder tropische) Monat, wird durch die Zeit bestimmt, welche der Mond gebraucht, um zu dem nämlichen Aequinoctialpunkte zurückzukehren. Da diese Punkte allmählig vorrücken (§. 119.), so ist dieser tropische M. etwas kleiner als der siderische und beträgt 27 T. 7 St. 43 M. 4,68 Sec. Bei gewöhnlichen Bestimmungen kann man für beide die Zeit von 27 T. 8 St. setzen. — Befindet sich dagegen (Fig. 88.) die Erde in E, der Mond in M, die Sonne in S und ein Fixstern in A, so sind Mond

und Sonne mit diesem Sterne in Conjunction und es tritt der Neumond ein. Während dem nun der Mond seine Bahn MNQPM nach 27 Tagen vollendet hat und wieder zu demselbigen Firsterne A zurückgekehrt ist, hat sich die Sonne in ihrem scheinbaren Laufe beinahe um 27° (da sie innerhalb 365 Tagen 360 Grade durchwandert) von S nach T, ebenfalls von Westen gegen Osten fortbewegt; so, daß der Winkel SET ungefähr 27° beträgt. Daher muß sich der Mond noch um den Bogen MN (welcher ebenfalls 27° seines ganzen Kreises enthält) von M nach N bewegen, um in der Lage ENT wiederum den nächstfolgenden Neumond zu veranlassen. Die Zeit zwischen dem ersten Neumonde bei der Stellung des Mondes in M bis zum nächstfolgenden bei seiner Stellung in N ist der sinodische Monat, welcher demnach größer, als der siderische seyn muß. Jener beträgt im Mittel 29 T. 12 St. 44 Min. 2,82 Sec., und übertrifft diesen um 2 T. 5 St. 0 Min. 51,31 Sec.

Um diesen Unterschied der bemerkten zweierlei Monaten auch in Bezug auf die wirkliche Bewegung der Erde um die Sonne recht anschaulich zu machen, betrachte man die folgende Zeichnung (Fig. 89.). Hier ist V der Ort der Sonne, ABCD ein Theil der Erdbahn und MAEGM die Bahn des Mondes um die Erde. Steht nun der Mond in M (bei dem Neumonde) und ein Firstern in S, so sagt man, er sei in Opposition mit dem Monde. Während nun der Mond seine Laufbahn MEGM um die Erde in B beschreibt, ist diese von B nach C unter dem Winkel o (von etwa 27°) in ihrem eignen Jahreskreise fortgerückt. Befindet sich der Mond in H, so ist er abermals in Opposition mit demselbigen Firsterne; denn die Linien MS und HT laufen miteinander parallel, obwohl beide an dem nämlichen Firsterne zusammentreffen (§. 30.). Nun muß aber

der Mond sich noch von H nach I fortbewegen, um wieder den nächstfolgenden Neumond zu bilden, wobei denn der Winkel x dem Winkel o (als Wechselwinkel an Parallellinien) gleich seyn muß. Da der Mond seinen ganzen Kreislauf von 360° in etwa 29 Tagen vollendet, so muß dieser Bogen HI von 27° in einer Zeit zurückgelegt werden, die man durch die Proportion: 360° : 27° = 29 T. : x T. findet, woraus x etwas mehr als 2 Tage (wie zuvor) wird.

§. 146.

Die Zeit von zwölf sinodischen (§. 145.) Monaten bildet ein Mondjahr, welches daher aus 354 T. 8 St. 48 M. 33,84 Sec. besteht. Da nun das tropische Sonnenjahr (§. 136.) 365 T. 5 S. 48 M. 48 Sec. in sich faßt, so ist das Mondjahr um 10 T. 21 St. 0 M. 14,16 Sec. kleiner als das tropische Sonnenjahr. Nimmt man nun an, es falle auf den ersten Tag eines Jahres ein Neumond, so war am ersten Januar des nächstfolgenden Jahrs der jüngst vorhergegangne Neumond schon seit 11 Tagen eingetreten, und alle fernern Mondsphasen werden auf andere Tage dieses Jahres gegen jene im vorhergegangnen eintreffen. Berechnet man die Zeit von 19 tropischen Sonnenjahren und jene von 235 sinodischen Monaten, so findet sich, daß beide sehr nahe einander gleich sind. Daher kehren von 19 zu 19 Jahren die Neumonde und die Vollmonde wieder an denselbigen Monattagen zurück. Vormals hatte man nach Monaten gerechnet und die Dauer derselben abwechselnd zu 30 Tagen und zu 29 Tagen genommen. Daher bestand das bürgerliche Mondjahr aus 6 × 30 + 6 × 29, d. h. aus 254 Tagen. Heut zu Tage sind unsere Kalendermonate sowohl von diesen Mondenmonaten, als auch von den astronomischen Sonnenmo-

naten verschieden, da man unter diesen jene Zeit versteht, welche die Sonne gebraucht, um eines der himmlischen Zeichen (§. 116.) zu durchwandern.

Da die Mondbahn gegen die Ecliptik unter einem kleinen Winkel (von etwas über 5°) geneigt ist, und diese letztere in zwei Punkten durchschneidet, so kommt es, daß der Mond und die Sonne sich bisweilen in sehr übereinstimmenden Bahnen am Himmel bewegen. Der volle Mond durchwandert ungefähr den nämlichen Weg, welchen die Sonne vor einem halben Jahre zurückgelegt hatte. Zur Zeit der Wintersonnenwende erblickt man den Mond eben so lange über dem Gesichtskreise, als die Sonne zur Zeit des Sommersolstitiums sich in ihrem Tagebogen oberhalb desselben zeigt. Ist der Mond im ersten oder letzten Viertel, so beschreibt er einen Tagbogen, welcher jenem der Sonne gleicht, den sie (für jenes Viertel) drei Monate nachher, und (für dieses Viertel) drei Monate zuvor durchwandert.

Bei dem Neumonde culminirt der Mond zugleich mit der Sonne. Am folgenden Tage geht er um $50\frac{1}{2}$ Min. später, am zweiten um 1 Uhr 41 Min., am dritten um 2 Uhr $31\frac{1}{2}$ Min. u. s. w. durch den Mittagskreis; denn man hat gefunden, daß die tägliche Umlaufszeit des Mondes einen mittlern Sonnentag (§. 135.) um 50′ 28,32″ übertrifft. Indessen ist die tägliche Umlaufszeit des Mondes nicht immer genau 24 St. 50 M. 28,32 Sec., sondern wird bald größer, bald kleiner gefunden; so, daß die Abweichung davon bis zu 15 Min. anwachsen kann. Denn die Bewegung des Mondes ist eine merklich ungleichförmige, da er sich in einer Ellipse bewegt, deren Excentricität (§. 141.) nicht unbedeutend ist.

Denkt man sich z. B. (Fig. 85.) als einen Mondbewohner für die Lage des Mondes in B und richtet seinen Blick von d nach der Erde in A, so würde die Erdhemisphäre mnp von der Sonne beleuchtet

erscheinen und diese Vollerde etwa 13 mal größer (§. 69.) als wir den Vollmond sehen, wahrgenommen werden. Der Vollmond in E würde dem Mondbewohner in c die nicht beleuchtete Halbkugel mqp zuwenden; es wäre Neuerde. Bei dem ersten Mondesviertel in D erschiene die Erde im letzten, und bei dem letzten Viertel des Mondes in F stände sie im ersten Viertel. Die Erleuchtung, welche die Erde dem Monde gewährt, ist daher viel bedeutender, als jene, die uns der Mond zusendet.

§. 147.

Die Knotenlinie (§. 142.) d. h. die Durchschnittslinie der Mondbahn und der Ecliptik, behält nicht dieselbige Lage gegen den Fixsternhimmel bei, sondern ist einer sehr bemerkbaren drehenden Bewegung unterworfen, welche man sich auf folgende Weise anschaulich machen kann. Wenn die beiden Sterne (Fig. 10.) d und c im großen Bären (§. 21.) über c in Gedanken am Himmel verlängert werden, so ist der erste hellste Fixstern, auf welchen man trifft, der Regulus, welcher sich im Sternbilde des Löwen (§. 116.) und sehr nahe bei der Ecliptik befindet. Seine Länge (§. 118.) beträgt etwa 146°, denn sein Stand ist ungefähr im 26ten Grade dieses himmlischen Zeichens. Wenn (Fig. 90.) die Ecliptik mit diesen 12 Zeichen darstellt, so ist der mit dem Sternchen bezeichnete Ort die Stelle des Regulus. Nun sei C der Mittelpunkt der Erde, M jener des Mondes und es werde Regulus von letzterem bedeckt, so befindet sich der Mond in seinem Knotenpunkte, denn die gerade bis zum Stern verlängerte Linie CM liegt in der Ebene der Ecliptik, und es ist MN die Knotenlinie. Beobachtet man nun in den folgenden Monaten die Lage des Mondes gegen den Regulus, so lehrt die Wahrnehmung, daß jener immer mehr und mehr nördlich über diesem sich

hinbewegt; so, daß nach 4 bis 5 Jahren der Mond um 5° höher als der Stern gesehen wird, wenn er bei diesem am Himmel vorüber geht. In weitern 4 bis 5 Jahren hat sich der Mond bei jedem Vorübergange dem Sterne allmählig wieder genähert und nach etwa 9 Jahren hat wiederum die zuvor bemerkte Bedeckung statt. Dann tritt der Mond nach und nach südlich unter dem Regulus weg, hat zwischen 4 bis 5 Jahren einen um 5° tiefern Stand unter demselben und nach Ablauf von 9 Jahren (von der Zeit der letzten Bedeckung) hat abermals ein solches Bedecken statt; so, daß sich in der Zeit von 18 bis 19 Jahren derselbige Turnus der Erscheinungen wiederholt.

Da sich diese Phänomene nur dadurch erklären lassen, daß für's Erste [wie schon oben (§. 142.) bemerkt worden] die Mondbahnebene gegen die Ebene der Ecliptik unter einem Winkel von ungefähr 5° geneigt ist, und daß die Knotenlinie **MN** innerhalb der Zeit von 18½ Jahren ungefähr in die Lage **OP**, **QR**, **ST** u. s. f. gekommen und dann wieder in die erste Lage **MN** zurückgekehrt ist, so hat auch diese Bewegung nach der Richtung **MOQS**, somit in einer der Ordnung der Zeichen entgegengesetzten Richtung statt.

Die mittlere Bewegung dieser Knotenpunkte (denn sie ist bald größer, bald kleiner) beträgt in einem gemeinen Jahre (von 365 T. 5 St.) einen Winkel von 19° 19′ 43,36″ mit Beziehung auf die Aequinoctialpunkte, und 19° 20′ 33″,46 in Bezug auf die Fixsterne. Die tropische Umlaufszeit der Knoten beträgt demnach 6798 T. 4 St. 14′ 56″, und die siderische beträgt 6793 T. 6 St. 51′ 39″, d. h. sie bezieht sich (wie die Reduction dieser Zeit auf gemeine Jahre lehrt) auf 18 gemeine Jahre 223 T. 7 St., wofür man 18 J. 223¼ T. setzen kann.

Wird die Umlaufszeit des Mondes von der Zeit, in welcher er in der Ecliptik (bei dem aufsteigenden Knoten) erscheint, bis zum nächsten Durchschnitt derselben (im aufsteigenden Knoten) betrachtet, so beträgt diese 27 T. 5 St. 5′ 49″,17 und bildet den sogenannten Drachenmonat.

Noch bemerke man, daß der Absidenlinie (§. 141.) (der großen Axe der Mondbahn) eine fortschreitende Bewegung von Abend nach Morgen zukommt, nach welcher sie in einem gemeinen Jahre einen Bogen von 40° 39′ 45″,79 in Bezug auf die Punkte der Nachtgleichen, und von 40° 38′ 55″,69, in Bezug auf die Fixsterne, zurücklegt. Ihr tropischer Umlauf ist demnach = 8 J. 311 T. 11 St. 4′ 7,3″; ihr Sideralumlauf = 8 J. 312 T. 11 St. 11′ 39″. — Die Zeit von einem Durchgange des Mondes durch die Erdnähe bis zur abermaligen Rückkehr zu derselben, heißt der anomalistische Monat und seine Dauer beträgt 27 T. 13 St. 18′ 35″. — Der Monat ist demnach fünffach: siderisch, tropisch, sinodisch (§. 145.), draconistisch oder anomalistisch.

Auch die Neigung der Mondbahnebene gegen die Ecliptik bleibt sich nicht immer genau gleich. Ihr Maximum beträgt 5° 17′ 47″, ihr Minimum ist 5° 0′ 13″; folglich ihr Mittel = 5° 9′.

§. 148.

Wenn man die Vollmondscheibe aufmerksam betrachtet, so zeigen sich abwechselnd hellere und dunklere Stellen, welche bestimmte leicht zu übersehende Gruppen bilden. Besonders charakteristisch sind die sehr vielen Ringgebirge, womit die Mondesscheibe gleichsam übersäet ist. Es sind dieses größere oder kleinere, hoch hervorragende ringförmig umgrenzte Berge, welche in ihrem Innern sehr bedeu-

tende Vertiefungen (Crater) zeigen; so, daß man schon mit mäßig guten Fernröhren die Schatten wahrnehmen kann, welche jene von der Sonne beleuchtete Erhöhungen in die Tiefe hinabwerfen. Die Richtung dieser Schatten geht immer von Westen nach Osten hin, zum überzeugenden Beweise, daß sie von unserer Sonne gebildet werden, welche westlich untergegangen war, wenn wir die Vollmondscheibe beobachten. Einen Theil dieser Ringgebirge (aus der Mitte der Mondesscheibe genommen) stellt die (Fig. 91.) dar, wobei die helleren Stellen offenbar höher liegenden (und darum mehr beleuchteten) die dunklern dagegen den tiefer liegenden Niederungen entsprechen. Vormals hatte man geglaubt, diese minder erleuchtete Stellen seien wirkliche Meere und gab ihnen darum diesen Namen auf jenen Mondkarten, welche schon in ältern Zeiten entworfen worden waren. Da gibt es ein Heiterkeitsmeer, ein Fruchtbarkeitsmeer, ein Kältemeer u. dgl., ein Regenbogen-Bai, ein Thaubai u. s. f., die Ringgebirge heißen: Archimedes, Bode, Casini, Copernicus, Grimaldus, Hevelius, Pythagoras, Kepler, Scheiner u. s. w. Im Jahre 1775 hatte Tobias Mayer eine sehr geschätzte Mondkarte entworfen. Ein classisches Werk ist später von Schröter (Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniß der Mondfläche. 2 Bände mit 75 Kupfertaf. Göttingen 1792. 4.) geliefert worden. In neuester Zeit sind die Verdienste, welche sich Gruithuisen zu München und Beer und Mädler um die Topographie des Mondes erworben, allgemein bekannt und anerkannt. — Da man nun immer dieselbige Gruppirung dieser hellen und dunkeln Stellen auf der Vollmondscheibe gewahrt und der Mond demnach uns immer eine und die nämliche Halbkugel (bis auf kleine Abweichungen) zuwendet, so entsteht die Frage, wie dieses möglich ist, da er

sich doch, wie man weiß, innerhalb eines Monates einmal um unsere Erde bewegt?

§. 149.

Nun sei **DEFG** (Fig. 92.) die Mondbahn, **C** der Mittelpunkt der Erde, o^1 jener des Mondes **abdn**, so könnte der in **h** befindliche Erdbewohner die gegen ihn gekehrte Halbkugel **bdn** des Mondes als Kreisscheibe erblicken. Denkt man sich nun durch o' einen auf der Mondbahn lothrecht stehenden Durchmesser des Mondes und nimmt **bn** als einen andern auf ihm senkrechten und mit o^1o^2 gleichlaufenden Durchmesser an, und läßt den Mond mit seinem Mittelpunkte o' die Bahn **EFGD** so durchlaufen, daß jener erste Durchmesser immer auf ihr lothrecht und der zweite Durchmesser stets mit **bn** gleichlaufend bleibt, so kommt der Mond, wenn er den Quadranten o^1o^2 zurückgelegt hat, in die Lage **bo^2n**, in welcher dem Beobachter in **p** die Monde scheibe **abd** zu Gesicht kommt, deren Hälfte **bd** schon von **h** aus gesehen wurde. Dagegen ist die damals unsichtbar gewesene Hälfte **ab** nunmehr sichtbar; allein die damals sichtbare Hälfte **dn** nunmehr unsichtbar geworden. In der Lage o^3 ist dem Erdbewohner die Hemisphäre **ban** sichtbar; **bdn** aber unsichtbar, und somit gerade umgekehrt, wie dieses in der Lage o^1 gewesen ist. In der Stellung o^4 erblickt man nun von *f* aus die Halbkugel **and**, welche in o^2 verdeckt war; dagegen ist **abd** unsichtbar, welche in o^2 vollkommen gesehen werden konnte. Es ist demnach klar, daß, wenn der Mond auf solche Weise die Erde umkreiste, derselbe, innerhalb dieser Umlaufszeit, der letztern seine Gesammtoberfläche sichtbar machen müßte. Da uns aber die andere Hemispäre des Mondes nie zu Gesicht kommt, so kann der Umlauf desselben um die Erde nicht auf diese Weise stattfinden.

Nimmt man hypothetisch an, der Mond drehe sich in der Zeit, welche er gebraucht, um von o^1 nach o^2 zu gelangen, zugleich auch einmal um jene zuvor angenommene durch o^1 gehende und auf der Mondbahn lothrecht stehende Axe, wodurch der Punkt d (für die Lage in o^1) sich im Punkte b (für die Lage in o^2) befände, so würde in eben dieser Zeit von der Erde aus ebenfalls seine ganze Umfangsfläche wahrgenommen werden, und dieses müßte sich noch dreimal, in o^3, o^4 und o^1 wiederholen.

Hätte während der Umlaufszeit des Mondes durch o^1, o^2, o^3, o^4, o^1 eine einmalige Axendrehung des Mondes um den sich immer parallel bleibenden wagrechten Durchmesser bo^1n, bo^2n u. s. f. statt, so würde der Mond hierbei ebenfalls, nach Abfluß dieser Zeit, alle Punkte seiner Außenfläche der Erde zugewendet haben.

Stände der durch o^1 gehende Durchmesser schief auf der Ebene der Mondbahn und der Mond drehte sich in einer seiner Umlaufszeit gleichen Zeit auch einmal (oder auch mehr als einmal) um diesen schief stehenden Durchmesser als um eine sich stets parallel bleibende Axe, so müßte ebenfalls die ganze Oberfläche des Mondes den Erdbewohnern sichtbar werden.

Da man indessen immer nur eine nnd dieselbige Halbkugel erblickt, so muß diese Bewegung auf andere Weise stattfinden.

§. 150.

Denkt man sich nun den Radiusvector Cdo^1, an welchem die Mondeskugel abdn befestigt seyn soll, und nimmt an, er bewege sich mit ihr in der Ebene **EFGD** einmal ganz und gar herum, so wird das in C befindliche Auge, welches immer nach dem Monde hinblickt, auch immer nur dessen eine Halbkugel **bdn** und niemals etwas von der ihr entgegenstehenden

Hemisphäre ban wahrnehmen können. Bei dieser Umdrehung bleibt der Durchmesser bn sich nicht mehr (wie früher in §. 149.) parallel, sondern hat, wenn Co^1 nach Co^2 gekommen ist, die Lage von ao^2d; wenn Co^2 nach Co^3 kommt, die Lage no^3b (die wieder mit bo^1n gleichlaufend ist) und wenn Co^3 in die Richtung Co^4 kommt, die Lage ao^4d (welche mit ao^2d parallel ist). Dann kehrt Co^4 wieder in die primitive Lage Co^1 zurück und der einmalige Turnus ist vollendet.

Wenn sich unser Mond auf solche Weise um die Erde bewegte, so würde die Erscheinung, daß wir stets nur dieselbige Hälfte von ihm erblicken, befriedigend erklärt seyn. Allein, wie ist eine solche Bewegung des freischwebenden Mondes möglich, und hat bei einer solchen eine wirkliche Axendrehung desselben statt oder nicht?

Nun sei (Fig. 93.) 123451 die Ebene der Mondbahn, C der Mittelpunkt der Erde, Cm1a ein Radiusvector, welcher sich in der Mitte einer in dem Monde befindlichen, durch sein Centrum 1. gehenden cylindrischen Höhlung m1a frei nach jeder Seite derselben bewegen kann. Soll nun der freischwebende Mond den Bogen 1nb2, welcher 45° beträgt, so durchlaufen, daß der Radiusvector Cm1a, bei dieser Seitenbewegung, immer in der Mitte des hohlen Cylinders ma verbleibe, ohne auch nur einmal dessen Innenfläche zu berühren, so ist dieses nur dadurch möglich, daß, während der Radiusvector C1 mit gleichförmiger Bewegung von C1 nach C2 den Winkelweg 1C2 von 45° zurückgelegt hat, die cylindrische Höhlung m1a sich ebenfalls durch einen Bogen von 45° um ihr Centrum in 1. gleichförmig gedreht habe. Denn der hohle Cylinder, welcher für den Radiusvector Cm1 die Lage a1m hatte, muß für den Radiusvector Cm2 die Lage a2m erhalten, um der Bedingniß (des Nichtberührtwerdens

seiner Innenfläche) zu entsprechen; der hohle Cylinder a1m ist aber gegen den hohlen Cylinder a2m offenbar unter dem Winkel a1C2a = 45° geneigt.

Kommt der Radiusvector durch die fortschreitende Seitenbewegung in die Lage C3, wobei der Bogen 2.3. ebenfalls 45 beträgt, so muß der hohle Cylinder a2m durch eine ihr entsprechende Winkelbewegung in die Lage a3m gekommen seyn, wobei der Drehungswinkel 2C3 wiederum 45° beträgt. In der Lage C4 hat sich die Höhlung a3m in die Richtung a4m d. h. um den rechten Winkel 3C4 um ihr Centrum 4 gedreht. Eben dieses hat von C4 nach C5 statt, wo der hohle Cylinder a4m, um in die Lage a5m zu kommen, abermals eine Viertels-Umdrehung machen mußte. Ein Gleiches geschieht nun noch einmal, um aus der Lage C5 in die anfängliche C1 zurückzukehren.

Denkt man sich durch den Mittelpunkt 1. des Mondes einen auf der Ebene seiner Bahn 12345 lothrecht stehenden Durchmesser als eine Axenlinie, um welche er sich nach der Richtung anmb mit gleichförmiger Bewegung in jener Zeit einmal ganz und gar herumdreht, in welcher sein Mittelpunkt 1. die Umfangslinie 123451 ebenfalls mit gleichförmiger Bewegung zurücklegt, so hat sich der Mond hierdurch gerade einmal um seine Axe gedreht und zugleich nur seine eine Halbkugel bmn immer gegen die Erde in C gewendet.

§. 151.

Auf gleiche Art kann nun umgekehrt auf folgende Weise mit aller Zuverlässigkeit geschlossen werden: Der Mond umkreiset innerhalb eines Monates die Erde und wir erblicken immer nur eine und dieselbige Hemisphäre von ihm; folglich muß er sich in eben dieser Zeit nothwendiger Weise auch einmal um seine Axe drehen, oder: die

Zeit seiner Axendrehung ist seiner Umlaufszeit gleich. Diesen Schluß wollten nun Mehrere nicht als richtig anerkennen, durch einen allzubeschränkten Begriff von der Axendrehung hierzu verleitet. Sie sagten: Wenn die Kugel abmn (Fig. 93.) an dem Stabe Cma befestigt, dessen Ende C von einem Menschen festgehalten und dieser Stab nun in wagrechter Lage im Kreise 13451 (mit dem sich ebenfalls in seinem Standorte einmal um sich selber herumdrehenden Menschen) umherbewegt wird, so bleibt wohl die Halbkugel bmn immer gegen sein Auge gewendet; allein, wie kann man von der am Stabe cma befestigten Kugel sagen, sie habe sich hierdurch einmal um ihre Axe gedreht, da die Axendrehung eine freie, die Bewegung der Kugel abmn aber eine an den Stab cma gebundene ist? Hierbei hat man übersehen, daß der mit der Kugel verbundene Stab zur Erklärung des Phänomens nicht nothwendig, sondern nur (wie aus §. 150.) hervorgeht) erläuternd gehört. Denn wenn man sich mit dem Halbmesser C1 eine Kugel beschrieben vorstellt, 1345 als ihren größten Kreis betrachtet, aus dessen Mittelpunkt C ein lothrechter Durchmesser auf denselben errichtet ist, in dieses Centrum C ein Auge setzt, und nun annimmt, diese Kugel drehe sich nach der Richtung 1234 um diesen Durchmesser, als feststehende Axe, so wird das Auge in C immer nur die Halbkugel bmn der in 1, 2, 3, 4, 5 befindlichen kleinen Kugeln und niemals die von ihm abgewendete Hemisphäre ban dieser Kugeln wahrnehmen können. Es hat demnach bei diesen kleinern Kugeln offenbar eine Drehung um die durch C gehende Axe, und eben hierdurch auch (§. 150.) eine Axendrehung um die durch ihre Mittelpunkte 1, 2, 3 . . . gehende Axenlinie statt.

Dächte man sich in C einen Menschen und in 1 einen zweiten, welcher in dem Kreise 1234 . . .

dergestalt fortschreitet, daß sein Angesicht immerwährend gegen den in C befindlichen gerichtet ist, so muß sich dieser zweite, bei Vollendung seines Umlaufes, auch gerade einmal um sich selber, d. h. um seine eigne Axe gedreht haben.

§. 152.

Auch wollten Einige daraus, daß wir von der Erde aus kein Fortrücken der Mondesflecken in seiner Scheibe wahrnehmen, wie dieses bei Beobachtung der Sonnenflecken (§. 71.) der Fall ist, den Schluß ziehen, daß dem Monde deshalb keine Axendrehung zukomme. Allein eben darum, weil uns der Mond in der nämlichen Zeit umkreiset, in welcher er sich um seine Axe beweget, sind wir nicht im Stande, ein solches Fortrücken seiner Flecken zu bemerken. Befänden wir uns an einer andern Stelle, als in dem Brennpunkte seiner Bahn, so würden uns diese Flecken wirklich in Bewegung erscheinen. Es sei z. B. in S (Fig. 94.) der Ort der Sonne, ACB ein Theil der Erdbahn um dieselbe und abcdefa die Bahn des Mondes um die in C stehende Erde. Befände sich der Mond in a, so würde der Sonnenbeobachter in D die Halbkugel mno erblicken, wobei angenommen wird, daß sich die Mittelpunkte S, C und a dieser drei Himmelskörper nicht in vollkommen gerader Linie befinden. Rückt der Mond nach b, so kehrt er zwar der Erde wieder die nämliche Halbkugel mno; der Sonne dagegen die Hemisphäre pnoq zu, wobei dem Beobachter in D das Stück mp entrückt; der Theil oq = mp dagegen zu Gesicht gebracht wird. In c ist der Quadrant mn unsichtbar geworden; dagegen ein neuer Quadrant po in das Gesichtsfeld von D getreten. Bei d ist der Anblick der Halbkugel mno diesem Beobachter gänzlich verschwunden und statt ihrer erblickt er die andere Hemisphäre opm. Die optischen Verhältnisse für

die Stellung des Mondes in e und in f gehen aus Betrachtung der Figur hervor. Da die Arendrehung desselben immer nach der Richtung m von erfolgt, so sieht der Beobachter in D die Flecken, welche (für die Stellung in a) bei o d. h. am östlichen Rande erscheinen, während 14 Tagen gegen Westen hin durch seine Scheibe fortrücken, am westlichen Rande verschwinden und nach etwa 14 Tagen wieder am östlichen zum Vorschein kommen. — Denkt man sich irgend einen andern Beobachtungsort außerhalb der Mondbahn, z. B. in M, so wird auch in diesem, bei dem einmaligen Umlauf des Mondes um die Erde, die gesammte Oberfläche desselben nach und nach sichtbar werden, wie aus Betrachtung der Figur sehr deutlich hervorgeht. — Demnach ist die allmonatliche Arendrehung des Mondes außer allen Zweifel gesetzt; eine Bewegung, welche er mit der Sonne und Erde und (wie im **II.** Theile nachgewiesen werden wird) mit andern Himmelskörpern gemein hat.

§. 153.

Wird die uns zugewendete Halbkugel des Mondes genauer betrachtet, so lehrt die Beobachtung, daß bisweilen an dem östlichen Rande (zur Linken des Beobachters) einige der früher bemerkten Flecken und die durch sie gebildeten Gruppirungen, verschwinden, und dagegen an dem westlichen Rande (zur Rechten) andere dergleichen erscheinen, welche früher nicht sichtbar waren; und umgekehrt, daß dort einige neue zum Vorscheine kommen, während hier einige nicht mehr zu sehen sind. Stellt man sich eine halb weiß und halb schwarz gefärbte Kugel von etwa 5 Zoll im Durchmesser so gegen das Auge über, daß die schwarze Halbkugel gegen dasselbe gewendet ist und dreht nun die ganze Kugel um ihre lothrechte Are dergestalt hin und her, daß die Drehung

zur Rechten und Linken etwa 10 Grade beträgt, so wird an dem einen Rande ein Stückchen dieser schwarzen Oberfläche verschwinden, indessen am entgegengesetzten Rande ein eben so großes Stückchen der weißen Oberfläche zum Vorschein kommt, und umgekehrt. Da diese Erscheinung eine Folge von der um ihre Axe hin und her schwankenden kleinen Kugel ist, so hat man diesem Phänomene bei dem Monde ebenfalls den Namen: das Schwanken oder die Libration des Mondes gegeben.

Auf ähnliche Art hat noch eine zweite Verrückung der an dem obern und untern Rande der Mondscheibe sichtbaren Grenzorte statt. Wenn dort einige der früher wahrgenommenen Flecken nebst den durch sie gebildeten Gruppen verschwinden, so erscheinen hier einige neue, und wenn hier einige früher bemerkte unsichtbar werden, so kommen dort einige neue zum Vorscheine; gerade so, wie dieses bei der kurz zuvor bemerkten zur Hälfte weiß und zur Hälfte schwarz gefärbten Kugel der Fall ist, wenn z. B. ihre weiße Halbkugel gegen uns gekehrt wird und ihre lothrechte Axe, sich unter kleinen Winkeln um ihren Mittelpunkt drehend, theils gegen unser Auge hin, theils von ihm weggewendet wird. Da diese Bewegung (wenn man sich unter dem Monde ein colossales menschliches Haupt denken wollte) einem Zunicken und Zurückbeugen gleicht, so hat man sie wirklich die Nutation des Mondes genennt. Auch heißt sie eine Libration in die Breite, wenn das zuvor bemerkte Schwanken die Libration in die Länge genennt wird.

§. 154.

Aus der oben (§. 148.) bemerkten Erscheinung folgt schon im Allgemeinen, daß der Mond, dessen Axendrehung nunmehr (§. 151.) bewiesen ist, eine Drehungsaxe haben müsse, welche beinahe lothrecht

auf der Ebene der Ecliptik stehen wird. Die genauen Forschungen haben gelehrt, daß, wenn ABC (Fig. 95.) die Ecliptik, DOF die Axe des Mondes DGFH und FB die Verlängerung von DF ist, der Winkel DBC, als Neigungswinkel der Mondesaxe gegen dieEcliptik, die Größe von 88° 30′ hat. Da nun, wenn der Winkel DOG = Winkel DOH = 90° genommen wird, GH den Mondäquator darstellt, so werden die über H und B verlängerten geraden Linien GHI und ABC sich einmal unter einem Winkel von 90° — 88° 30′, d. h. unter dem sehr spitzen Winkel von 1° 30′ durchschneiden, und dieser sehr kleine Winkel stellt die Neigung des Mondäquators gegen die Ebene der Ecliptik dar.

Denkt man sich nun, es habe einmal auf die im Weltraume schwebende Mondkugel eine Kraft eingewirkt, wodurch sie genöthiget worden war, sich in der Zeit eines Monates einmal um ihre Axe zu drehen, so mußte diese Axenbewegung nicht nur gleichförmig (§. 90.), sondern auch (ohne neue Einwirkung dieser Kraft) ins Unendliche fort stattfinden; gleichviel, ob der Mittelpunkt des Mondes sich in Ruhe oder selbst in Bewegung befindet. Denn die drehende Bewegung einer Kugel wird durch die im Raume fortschreitende Bewegung derselben durchaus weder aufgehoben, noch vermindert oder auf andere Weise modificirt, indem beide Bewegungen ganz unabhängig von einander sind.

Auch ist es klar, daß der physische Grund der Bewegung des Mondes um die Erde in einem ähnlichen Wechselverhältnisse zweier Centralkräfte (§. 121.) zu suchen ist, wie jenes war, woraus die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne abgeleit worden ist (§. 130.). Könnte der Mond nur jener Kraft folgen, womit er gegen die Erde gezogen wird (der Centripetalkraft), so würde er sich, mit beschleunigter Bewegung, derselben bis zur Be-

rührung annähern. Würde er dagegen dieser Ziehkraft entbunden, so müßte er, seiner Fliehkraft allein folgend, mit gleichförmiger Bewegung nach der Tangente fortschreiten, welche durch jenen Punkt seiner krummlinigen Bahn geht, in welchem er sich eben befindet.

§. 155.

Die Libration nach der Länge (§. 153.), welche gegen 8° betragen kann, ist eine Folge von der gleichförmigen Bewegung des Mondes um seine Axe und von dem sehr ungleichförmigen Fortschreiten desselben in seiner Bahn um die Erde (§. 141.). Es sei (Fig. 96.) abdg die Mondbahn um die Erde in C, welche sich in ihrem Brennpunkte (§. 127.) befindet, a der Ort des Mondes in seinem Apogäum (§. 141.), pnq die der Erde zugewendete Halbkugel und n ein Mondflecken, der nach dem Mittelpunkte seiner Scheibe erblickt wird. Hätte sich nun der Mond in der nämlichen Zeit, worin er von a nach b gelangt, auch um den Winkel mbC = Winkel aCb nach der Richtung prq um seine Axe gedreht, so würde der Flecken n nunmehr in v und somit wiederum in der Mitte der Mondesscheibe pvq erscheinen. Da aber der Mond langsamer (als nach seiner bei jeder elliptischen Bewegung stattfindenden mittlern Bewegung (§. 128.) von a nach b fortschreitet, so ist die Winkelbewegung des Mondes etwas größer als der Winkel mbv und der Flecken kann nicht in v, sondern muß in r (gegen Osten hin) wahrgenommen werden. — Von b nach d nimmt die Geschwindigkeit des Mondes stufenmäßig zu und übersteigt immer mehr und mehr die mittlere Bewegung; so, daß während der Radiusvector des Mondes den Winkel bcd durchstrichen hat, der Mond sich nur nach dem kleinern Winkel rbp (etwa) um seine Axe gedreht hat. Daher erscheint der

Flecken r, wenn der Mond in d steht, wieder bei s, ungefähr in der Mitte der Mondesscheibe. — Von d nach g geht der Mond nun wieder mit allmählig verminderter, jedoch mit einer die mittlere Geschwindigkeit noch überschreitenden Geschwindigkeit; daher seine Winkelbewegung bei der Axendrehung verhältnißmäßig kleiner ist als der Winkel, um welchen er in seiner Bahn fortgerückt war, d. h. der Winkel hgw ist kleiner als der Winkel dCg. Daher befindet sich der Flecken s nicht in t (wobei der Winkel hgt dem Winkel dCg gleich wäre) sondern in w, und dieser Flecken muß dem Beobachter auf der Erde nun nach Westen, vom Mittelpunkte t der Mondesscheibe qtp gerechnet, fortgerückt erscheinen. Schreitet der Mond nun von g nach a unter dem Winkel gCa zur Vollendung seines Umlaufes fort, so ist seine progressive Bewegung unter die mittlere herabgesunken, und der Mond dreht sich in der nämlichen Zeit nach dem größeren Winkel wg*f* (denn Winkel tg*f* ist gleich dem Winkel gCa) um seine Axe, wodurch der Flecken w den Bogen wt*f* durchlauft und, wenn der Mond nach a zurückgekehrt ist, wieder in n erscheint. — Demnach muß diesem Flecken (und mit ihm verhältnißmäßig jedem andern) während eines Monates eine Bewegung von Osten nach Westen und wieder umgekehrt von Westen gegen Osten zu kommen, woraus das scheinbare Schwanken des Mondes nach der Länge hervorgeht.

§. 156.

Eben so einfach wird das Schwanken des Mondes nach der Breite erklärt. Denn wenn sich der Mond über die Ecliptik (nach Norden) erhebt, so erblicken wir hinter seinem untern Rande solche Stellen der Mondesoberfläche, die uns zuvor unsichtbar waren. Steht er (unter dem Winkel von 5° 9′ im Mittel) am höchsten (§. 141.), so kann man am

weitesten, von unten nach oben sehend, jene früher verborgen gewesenen Stellen erblicken, anstatt deren jedoch andere am obern Rande befindliche unserm Anblicke verschwinden. Tritt der Mond unter die Ecliptik (nach Süden) hinab, so müssen sich diese Erscheinungen gerade umgekehrt zeigen. Zur nähern Erläuterung dient folgendes. Es sei EK (Fig. 97.) die Ecliptik, E der Mittelpunkt der Erde, a jener des Mondes, so steht seine Drehungsaxe rp auf EK beinahe (bis auf 1° 30′) lothrecht (§. 154.) und bd ist sein Aequator. Befindet sich nun in b eine dunkele Stelle (ein Flecken) in der Mondesscheibe, so erblicken wir diesen von B aus nach der Richtung EBba und somit in dem Mittelpunkt a der Mondesscheibe. Wenn sich nun der Mond (nach ungefähr 7 Tagen) von a nach g unter dem Winkel von etwa 5° 30′ erhoben hat, so ist uns dieselbige Halbkugel rmnp (wie bei seiner Stellung in a) zugewendet und, weil die Drehungsaxe rp mit sich selber parallel bleibt, so ist der Flecken in b nun bei m sichtbar, indem jeder der Winkel rab und rgm ein rechter ist. Da sich aber m oberhalb der von E nach dem Centrum g des Mondes gezognen Linie Eng befindet, so scheint dieser Flecken b sich nordwärts (d. h. aufwärts) bewegt zu haben. Steigt der Mond während der Zeit von 7 Tagen wieder allmählig zur Ecliptik zurück, so bewegt sich diese dunkele Stelle bei m wieder nach und nach gegen b hin, und wenn der Mond (nach 7 Tagen etwa) von a nach o gekommen ist, so erscheint der Flecken b, weil die Winkel rab und roq wieder rechte sind, in q und somit unter dem Mittelpunkte s der von E aus gezogenen Linie Eso; er ist demnach gegen Süden hin fortgeschritten. Da sich diese scheinbaren Bewegungen auf alle in der Mondesscheibe sichtbare dunkele Stellen erstrecken und, wegen der ununterbrochenen Bewegung des Mondes, ebenfalls

ohne Unterbrechung erscheinen, so muß hieraus ein scheinbares Schwanken desselben von Süden nach Norden und umgekehrt entstehen. Diese Libration in die Breite hängt von der Größe der Winkel gEa und oEa ab und beträgt etwa 6°.

Wer etwas aufmerksamer hierüber nachdenkt, wird finden, daß es außer diesen beiden Haupt-Librationen noch tägliche (wiewohl gar viel kleinere) Schwankungen der Mondesscheibe geben müsse, welche ihren Grund darin haben, daß sich der beobachtende Erdbewohner nicht im Mittelpunkte der Erde, sondern an verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche befindet und somit, in Bezug auf seine Gesichtslinien, von jener geraden Linie abweicht, welche vom Centrum des Mondes zum Centrum der Erde gezogen wird.

Die bisher bemerkten drei Schwankungen sind blos scheinbare. Eine vierte physische (also wirkliche), vermöge welcher die Mondesaxe durch die Anziehungskraft der Erde etwas weniges aus ihrer Lage verrückt wird, hat ihren Grund darin, daß der Mond keine vollkommene Kugel ist, wodurch jene Theile desselben, welche hervorragender sind als die übrigen, auch stärker von derselben angezogen werden, als diese letztern.

§. 157.

Aus dem Bisherigen (§. 757.) ist bereits bekannt, daß eine Mondfinsterniß nur bei dem Vollmonde und auch hier nur dann stattfinden kann, wenn sich der Mond entweder in einem seiner Knoten oder doch nahe dabei befindet. Es sei demnach (Fig. 98.) S das Centrum der Sonne, E jenes der Erde und HdF ein Theil der Mondesbahn um die Erde, so ist durch die Tangenten ABI und CDI der Schattenkegel der Erde BID bestimmt, in welchem der eigentliche Kernschatten liegt. Allein es gibt

auch noch eine Tangente ADF, welche die Sonne oben und die Erde unten, und eine Tangente CBH, welche die Sonne unten und die Erde oben berührt, und durch diese wird der Halbschatten (§. 74.) des Erdkörpers bestimmt. Denn wenn in H durch den Lichtstrahl HBC noch die ganze Sonnenscheibe CMA gesehen wird, so erblickt man in a nur einen Theil derselben, in b einen kleinern Theil und in c einen noch kleinern Theil von ihr. Daher beginnt in H der Halbschatten, welcher stufenmäßig gegen b und c hin düsterer wird, bis er sodann von c nach d in den Kernschatten übergeht. Auf gleiche Weise hat von e bis g der stufenmäßig heller werdende Halbschatten statt, welcher bei F wieder in die volle Beleuchtung übertritt. Wäre nun der Mond in a, so würde er in den Halbschatten eintreten und ein kleiner Theil des Sonnenlichtes wäre ihm hierdurch entzogen. Bewegte er sich weiter nach b und c hin, so raubte ihm die zwischen ihm und der Sonne stehende Erde allmählig mehr und mehr von diesem Sonnenlichte und die Flecken der Vollmondscheibe müßten immer mehr und mehr verdüstert erscheinen. Dieß lehrt nun auch wirklich die Beobachtung des Mondes in dieser Stellung. Tritt derselbe aber von c nach d in den eigentlichen Kernschatten (Schattenkegel), so kann ihm durchaus kein directes Sonnenlicht mehr zugesendet werden und es hat nunmehr eine **totale** Mondfinsterniß statt. Diese wird eine um so größere oder kürzere Dauer haben, je näher der Mond bei der Erde oder je entfernter er von derselben ist. Denn die Bahn des Mondes um die Erde ist eine Ellipse, daher dessen Abstand von der Erde bald kleiner bald größer.

Da aber die Mondbahn nicht in der Ebene der Ecliptik liegt, sondern einen Winkel (von etwa 5^0) mit ihr bildet, so geschieht es, daß bei vielen Vollmonden der Mond sich entweder gar nicht durch den

Schattenkegel der Erde bewegt, oder denselben nur theilweis (mehr oder minder seitwärts von der geraden Linie EdI) durchschneidet, wodurch die helle Vollmondscheibe auch nur theilweis von der Erde beschattet wird. Dieses bildet eine partiale Mondfinsterniß, welche, wie man leicht erkennt, von verschiedener Größe seyn kann. Da hierbei der sich über die Mondscheibe von Osten nach Westen hinwegziehende Erdschatten immer kreisförmig begrenzt erscheint, so liegt auch hierin ein directer Beweis von der Kugelgestalt des Erdkörpers, indem nur eine Kugel solche Schatten erzeugen kann.

§. 158.

Da aber der Schattenkegel BID, je weiter derselbe von der Erde, lothrecht auf EI, von einer Ebene durchschnitten wird, immer kleinere Schattenkreise darstellt, so ist es zur Bestimmung der Größe und Dauer der Mondesfinsternisse nothwendig, die Größe des Durchmessers dieses Schattenkreises an jener Stelle zu wissen, an welcher der Mond, bei seinem (veränderlichen) Abstande von der Erde denselben durchstreifen kann. Wäre Ed dieser Abstand, so muß die Größe von mn bestimmt werden. Zur beiläufigen Berechnung dient folgendes. Für den Erdhalbmesser = r ist EI = 216 r (§. 78.) und Ed = 60 r (§. 67.) folglich Id = 216 r — 60 r = 156 r. Da nun BD = 2r und (wegen Aehnlichkeit der Dreiecke Imn und IBD) IE : BD = Id : mn ist, so wird 216 : 2 = 156 : mn oder 108 : 1 = 156 : mn d. h. mn = $\frac{156}{108}$ = 1,4 vom Radius BE. Setzt man nun den Halbmesser des Mondes = **r**, so ist (§. 69.) **r** = 0,2714 r und man hat

nun r : **r** = 1 : 0,2714
und mn : r = 1,4 : 1, daher
auch mn : **r** = 1,4 : 0,2714
d. h. mn : **r** = 14000 : 2714,

woraus $\frac{mn}{r} = \frac{14000}{2714}$ oder $\frac{mn}{2r} = \frac{14000}{5428} = 2{,}579$ wird. Demnach ist der Durchmesser des Schattenkreises um mn mehr als $2\frac{1}{2}$ mal so groß als der Monddurchmesser, und es könnten in diesem Schattenraume mehr als zwei und eine halbe Vollmondscheibe, geradlinig mit ihren Mittelpunkten nebeneinanderstehend, vollkommen verfinstert werden.

Wenn der Mond in c den Schattenkegel BID von m bis n so durchwandert, daß sein Mittelpunkt d mit dem Centrum der Erde E und mit der Spitze dieses Schattenkegels in I eine gerade Linie bildet, so ist die Finsterniß nicht blos eine totale (§. 157.), sondern auch eine centrale. Diese wird (gleich jeder andern Mondsfinsterniß) dann die größte Dauer haben, wenn die Linie Ed, oder der Abstand des Mondes von der Erde, am kleinsten ist, d. h. wenn sich der Mond im Perigäum befindet.

§. 159.

Zur genauern Bestimmung von dm, d. h. vom Halbmesser des Schattenkreises, bemerke man Folgendes. Wenn die geraden Linien AEK und Em gezogen werden, so ist, in Bezug auf das Dreieck AEm, der Winkel mEK ein Außenwinkel, welcher der Summe der beiden innern EAB und BmE gleich ist. Da aber auch die beiden Scheitelwinkel AES und dEK einander gleich sind und der Winkel mEd dem Unterschiede der beiden Winkel mEK und dEK gleich ist, so wird die Größe des Winkels mEd gefunden, wenn man die beiden Winkel EAB und BmE zusammen addirt und von ihrer Summe den Winkel AES subtrahirt. Allein der Winkel EAB ist die Horizontalparallaxe (§. 66.) des Punktes A, weil ABE ein rechter Winkel ist, BmE die Horizontalparallaxe des Mondes, und AES stellt den

Winkel des scheinbaren Sonnenhalbmessers AS dar. Da nun diese drei Winkel (durch Beobachtung und Rechnung) bekannt sind, so wird hieraus der Winkel mEd, d. h. jener Winkel berechnet, unter welchem der Radius dm des Schattenkreises erscheint. Seine Verdoppelung gibt den Winkel mEn, dessen Bogen mn den Durchmesser des Mondes so oft enthalten wird, als wie oft die scheinbare Größe (d. h. der Sehwinkel) dieses letztern in diesem Bogen enthalten ist. Setzt man W. EAB = 8,8 Sec. (§. 66.) W. BmE = 57 Min. = 3420 Sec. (§. 67.) und W. AES = 16 Min. 2 Sec. = 962 Sec. (§. 70.), so wird der Winkel mEd = 8,8 + 3420 — 962 = 2466,8 Sec. und der Winkel mEn = 4933,6 Sec. Da nun der Sehwinkel der Vollmondscheibe im Mittel = 31 Min. 6 Sec. = 1866 Sec. ist und diese 1866 in 4933,6 mehr als 2,6 mal enthalten sind, so haben in dem Bogen mn mehr als $2\frac{1}{2}$ Vollmondscheiben Raum, welches mit dem vorhin gefundenen Werthe von 2,579 (§. 158.) so genau übereinstimmt, als es zu dieser Erläuterung erforderlich ist.

§. 160.

Es sei KEF (Fig. 99.) ein Theil der Erdbahn, KBG ein Theil der Mondesbahn, K der Knotenpunkt, E das Centrum der Erde, DC der Radius des Schattenkreises (§. 158.) als Durchschnitt des Schattenkegels) B der Mittelpunkt des Mondes, und BC + CD = BD, so ist diese BD die Breite des Mondes (§. 118.) in seiner Opposition mit der Sonne, und man sieht sogleich, daß derselbe in C den Schattenkegel der Erde nur berührt und somit noch nicht verfinstert erscheinen kann. Nun ist aber der Winkel BEC ungefähr 15′ 33″ und der Winkel CED etwa 41′ 1″ (§. 69 u. 159.). Folglich wird der Winkel BED ungefähr = 56′ 34″ für die Grenze der Entstehung einer Mondsfinsterniß. Ist

dieser Winkel kleiner als 56′ 31″, so entsteht eine solche, denn nun tritt der Mond bei C mehr oder weniger in den Schattenkreis um DC. Beträgt der Winkel BED aber mehr als etwa 56′ 34″, so kann keine Mondsfinsterniß stattfinden.

Die Größe einer Mondsfinsterniß wird nach Zollen und Minuten, deren jede $\frac{1}{60}$ des Zolles beträgt, gemessen, wobei der Durchmesser des Mondes die Einheit ist. Anfang und Ende derselben sind wegen des Halbschattens der Erde (§. 157.) und selbst wegen des durch Brechung (d. h. durch jene Abweichung von der ursprünglichen Richtung, welche ein Lichtstrahl erleidet, wenn er durch durchsichtige Körper von verschiedener Dichtheit fortschreitet) einwärts gelenkten Sonnenlichtes nicht leicht mit großer Genauigkeit zu beobachten. Sehr selten verschwindet die ganze Vollmondscheibe bei totalen Mondsfinsternissen dem Auge des Beobachters und meist erscheint sie in einem blässern, theils mehr theils weniger dunkelrothen Lichte, was auch nach den in der Atmosphäre vorhandenen Dünsten verschiedene Modificationen erleidet.

§. 161.

Aus den bisherigen (§. 157—160.) Darstellungen geht nun um so deutlicher hervor, daß nicht bei jedem Vollmonde eine (wenn gleich auch nur partiale) Mondsfinsterniß eintreten kann. Nun sei z. B. der gegenwärtige Vollmond mit einer solchen verbunden, so befindet sich der Mond in einem der Knoten oder doch nahe bei demselben. Bis zum nächsten Vollmonde, der nach 27½ Tagen einfällt, ist auch die Sonne um beiläufig 27° in ihrer (scheinbaren) Bahn fortgerückt und der Mond, als Begleiter der Erde, ist um 27—30 Grade vom Knoten entfernt, und kann demnach nicht in den Schattenkegel der Erde gelangen. Bei dem nächsten

Vollmonde steht er gegen 60° vom Knotenpunkte ab; bei dem folgenden um 90°; so, daß er erst nach sechs Monaten wieder zu dem andern Knoten gelangt und möglicher Weise verfinstert werden kann. Da indessen die Knoten allmonatlich um 1½ Grad ungefähr zurückgehen (§. 147.), so rücken auch die Vollmonde allmählig durch den ganzen Thierkreis umher und kehren erst nach 18 Jahren 11 Tagen, d. h. nach 223 Vollmonden wieder an dieselbigen Stellen des Thierkreises zurück, wodurch sich dann der nämliche Cyclus der Mondsfinsternisse wieder erneuet. Noch genauer wiederholen sich dieselben nach 716, 3087, 6890, 9977 Vollmonden. Wenn man daher diese Finsternisse für eine Zeit von 200 Jahren etwa kennt, so können die folgenden auf viele Jahre mit ziemlicher Genauigkeit vorher bestimmt werden.

Da die Verfinsterung der Vollmondscheibe eine Erscheinung ist, welche an allen Orten der Erde wahrgenommen werden kann, welchen der Vollmond über dem Horizonte steht, so muß auch Anfang, Mittel und Ende derselben für jeden Beobachter genau in derselbigen (absoluten) Zeit stattfinden. Denn in dem nämlichen Augenblicke, an welchem der östliche Rand des Vollmondes den Schattenkegel der Erde berührt, muß sich diese Berührung sowohl zu Wien als zu Paris dem Auge des Beobachters darstellen, wenn nur an beiden Orten die Vollmondscheibe erblickt werden kann. Da aber die Uhrenzeit verschieden ist von der absoluten Zeit und den mehr nach Osten gelegenen Ländern die Sonne früher aufgeht und auch früher den Mittag bildet (§. 29.) als den westlicher liegenden, so wird auch der Anfang und das Ende der Mondsfinsternisse zu verschiedenen Stunden unserer Uhren stattfinden. Zeigte sich z. B. ihr Anfang zu Königsberg um 11 Uhr des Abends, so würde dieser Anfang zu Berlin schon um ½11, zu

Lissabon um 9, zu Quebeck um 5 Uhr; dagegen zu Petersburg erst um 11 Uhr 37′, zu Moskau um 12 Uhr 7′ und zu Pondichery gar erst um 4 Uhr des Morgens eintreten. Hieraus folgt nun auch, daß aus dem nach richtigen Uhren beobachteten früher oder später eingetretenen Anfang oder Ende einer Mondsfinsterniß auf die größere oder kleinere Länge (§. 61.) dieser Beobachtungsorte geschlossen werden kann. (§. 62.)

§. 162.

Bei dem Monde hat noch ein interessantes Verhältniß in Betreff seiner Tages- und Jahres-Zeiten statt. Wenn man unter dem Tage die Zeit versteht, welche zwischen zwei unmittelbar aufeinander folgenden Aufgängen der Sonne verfließet und wenn das Jahr durch die Zeit bestimmt wird, welche der Mond gebraucht, um seinen Umlauf um die Erde (als dessen Centralpunkt) zu vollenden und auch wiederum mit der Sonne in demselben räumlichen Verhältnisse zu erscheinen, wie zuvor, so ist die Zeit von 29½ Tagen (z. B. von einem Neumonde zum nächstfolgenden) sowohl die Dauer seines Tages, als jene seines Jahres, und es tritt demnach bei dem Monde der eigenthümliche Fall ein, daß sein Tag seinem Jahre gleich ist. Wenn S (Fig. 100.) der Ort der Sonne, E jener der Erde, mnop die Bahn des Mondes und m der Ort dieses Satelliten ist, so wird die der Sonne zugekehrte Halbkugel abc von dem Sonnenlichte erleuchtet; adc aber die nicht beleuchtete Hälfte der Mondeskugel seyn. Daher haben alle auf abc befindlichen Orte den Tag, und bei allen in adc liegenden hat die Nacht statt. Denkt man sich nun an dieser Nachtgrenze den Ort a und durch ihn nach dem obern Sonnenrande h eine gerade Linie ah gezogen, so wird ah auf ma (wegen der sehr großen Entfernung

der Sonne von dem Monde) senkrecht stehen und dieser oberste Punkt h der Sonnenscheibe in dem durch a gehenden Horizonte des Mondes erscheinen, d. h. die Sonne wird dem Orte a gerade aufgehen. So wie nun der Mond allmählig von m nach p fortschreitet und hierbei der Erde stets die nämliche Halbkugel bcd zuwendet, so dreht sich der Ort a immer mehr der Sonne zu und für die Stellung des Mondes in p befindet sich die Sonne im Scheitelpunkte dieses Ortes. Nun hat dieser Ort Mittag und die Zeit vom Aufgange der Sonne bis zu ihrer Culmination beträgt etwa $7\frac{3}{8}$ Erdentage. Schreitet der Mond von p nach o, der Erde immer dieselbige Seite bcd zuwendend, so rückt a, durch die drehende Bewegung des Mondes, immer mehr von der Sonne weg, diese sinkt immer tiefer gegen den Horizont von a herab, bis sie, wenn p nach o gekommen ist, diesem Orte a wirklich untergeht, wobei die Linie ag wiederum auf oa lothrecht steht. Nun beginnt für den Ort a, nach $14\frac{1}{4}$ unserer Tage, die Nacht; nach weitern $7\frac{3}{8}$ Tagen hat, bei der Stellung des Mondes in n, für a die Mitternacht, und dann wieder, nach eben dieser Zeit, bei m abermals der Sonnenaufgang für diesen Ort a statt. Allein in eben dieser Zeit hat auch der Mond einmal die Erde in der Bahn mpon umkreiset und befindet sich bei m wiederum nach $29\frac{1}{2}$ Tagen ebenso im letzten Viertel (§. 143.), wie dieses vor dieser Zeit gewesen war.

Da die bedeutende Verschiedenheit unserer Jahreszeiten und der damit verbundenen Ungleichheit der Tages- und Nachtlänge eine Folge von der nicht unbedeutenden Schiefe der Ecliptik (§. 107.), d. h. von dem Winkel $23\frac{1}{2}$ Grad ist, welchen der Aequator mit ihr bildet; auf dem Monde aber der Aequator gegen seine Bahnebene nur unter dem kleinen Winkel von 6 bis 7 Graden geneigt ist (§. 154.),

so kann bei ihm ein so bedeutender Wechsel nicht stattfinden. Die Aequatorialgegenden erblicken die Sonne fast immerfort in ihrem Scheitel, die Polargegenden beinahe immer in ihrem Horizonte und in den Zwischenländern haben Mittelverhältnisse statt, welche sich das ganze Mondenjahr hindurch gleich bleiben und immer ebenso wiederholen. Auch sind die Längen des Tags und der Nacht fast nie unter sich verschieden.

§. 163.

Nehmen wir einmal problematisch an, daß der Mond von Geschöpfen bewohnt sei, welchen, gleich uns Erdbewohnern, die Empfindung des Sehens zugetheilt ist, und denken wir uns einen solchen Seleniten in c, wenn der Mond seine Stelle in m hat, so erscheint er für uns im letzten Viertel, da wir seine Bewegung nach mpon angenommen haben. Da aber die halbe Erdkugel tqr von der Sonne erleuchtet ist und in c nur der vierte Theil tq der Erde wahrgenommen werden kann, so muß dem Mondbeobachter die Erde im ersten Viertel erscheinen, da der beleuchtete Theil von ihm zu seiner Rechten erblickt wird. Schreitet der Mond von m nach p, so ist für den Erdbewohner Neumond; die Seleniten aber sehen die Erde nach der von der Sonne beleuchteten Hälfte tqr, d. h. sie nehmen dieselbe im vollen Lichte wahr. Wie herrlich muß nicht der Anblick einer hell glänzenden Scheibe seyn, welche an Fläche jene des Vollmondes dreizehnmal (§. 69.) übertrifft und auch eine so vielfach stärkere Beleuchtung gewährt? In den Gegenden um c (bei dieser Stellung des Mondes in p) schwebt diese glänzende Scheibe im Zenith, bei d und b zeigt sie sich am Horizonte und in v und w hat sie eine mittlere Höhe über dem Gesichtskreise. In o sehen die Seleniten in den Gegenden um c die Erde

nach dem beleuchteten Stück qr, d. h. im letzten Viertel und in n erblicken sie die von der Sonne abgewendete Hälfte tsr gar nicht; es ist Neuerde (man vergl. oben §. 146.) und bei m beginnt wieder derselbige Turnus dieser Erdphasen, welche für die Mondbewohner immer den gleichzeitig entstehenden Mondesphasen entgegengesetzt sind. Es ist indessen auch einleuchtend, daß nur jenen Seleniten diese Erdphasen zu Gesicht kommen können, welche die der Erde zugewendete Hemisphäre bcd bewohnen. Denn Allen, welche man sich auf der von uns stets abgewendeten Hälfte bad denken mag, kann der prächtige Anblick derselben niemals zu Theil werden, wenn sie sich nicht, von dab aus, über die Grenzen von b und d auf die Hemisphäre dcd begeben. Die oben (§. 153.) bemerkte Libration bewirkt indessen, daß auch jenen Mondbewohnern, deren Orte der Erde durch dieses scheinbare Schwanken zugekehrt werden, der Anblick dieser letztern vergönnt ist, ohne ihre Wohnplätze zu verändern. Auch scheint den Seleniten die Erde unbeweglich an der Himmelskugel zu stehen, da sie ihnen weder auf- noch untergeht. Aber für die Sonne und alle Firsterne hat von 14 bis 15 Tagen bis wieder dahin ein Aufgang und ein Untergang statt, und die Sonne beschreibt, gleich jedem dieser Gestirne des Himmels, innerhalb $29\frac{1}{2}$ Erdentage einen scheinbaren Kreis um die Erde. Auch scheinen sie alle von Tag zu Tag um etwa 13^{0} (welches bekanntlich die tägliche Bewegung des Mondes durch den Firsternhimmel von West nach Osten ist) sich von Osten nach Westen hin von ihr wegzubewegen.

§. 164.

In Bezug auf einige physische Eigenthümlichkeiten des Mondes bemerke man folgendes. Der Rand dieses Trabanten erscheint dem Beobachter

durch gute Fernröhre nicht mit scharfer Begrenzung kreisförmig rund, sondern mehr oder minder gezackt. Wenn bei Sonnenfinsternissen (§. 142.) die dunkle Mondesscheibe vor die helle Sonnenscheibe tritt, können diese Erhöhungen sehr deutlich wahrgenommen und durch sehr feine Meßwerkzeuge die Winkel gemessen werden, welche, nach ihrem Verhältnisse zu dem Winkel, unter welchem der Halbmesser des Mondes erblickt wird, das Maß dieser Berge nach Theilen dieses bekannten Mondeshalbmessers bestimmen. Wäre z. B. der mit Em (Fig. 100.) beschriebene Kreis die Mondesscheibe und es würde (etwa zur Zeit des Vollmondes) von der Erde aus der Sehwinkel der in u befindlichen Erhöhung = $\frac{1}{120}$ des Radius Em gefunden, so betrüge ihre Höhe $\frac{1}{120}$ r, wenn r den Mondradius bedeutet. Nun verhält sich aber r : R (dem Erdhalbmesser) = 1 : 3,68 (§. 69.) und R beträgt $\frac{1719}{2}$ = 859 deutsche Meilen (§. 39.) folglich ist r = $\frac{859}{3,68}$ = $\frac{85900}{368}$ = 233 d. M. ungefähr. Folglich wäre die Höhe des Mondberges = $\frac{233}{120}$ = 1,94 deutsche Meilen beiläufig.

Auch kann die Höhe der Mondsberge durch Hülfe des Schattens, welchen sie bilden, gemessen werden und diese Methode ist jener ähnlich, nach welcher auf der Erde die lothrechte Höhe eines Berges vermitelst seines Schattens bestimmt wird. Auf der Ebene MN (Fig. 101.) befinde sich der Berg DAE, AB sei ein Loth von seiner Spitze A auf diese Ebene, in S stehe die Sonne, so ist SAC ein Lichtstrahl, welcher die Schattenlänge BC bestimmt und der Winkel SCE stellt die diesem Schatten entsprechende Sonnenhöhe dar. Da nun sowohl dieser Winkel SCE als auch die Schattenlänge (wie die Elementargeometrie lehrt) BC gemessen werden kann, so setze man die Proportion:

r : tang. ACE = CB : BA,

woraus BA leicht berechnet werden kann.

Nun sei c (Fig. 102.) der Mittelpunkt, p*f*qd die Oberfläche des Mondes, S der Stand der Sonne, so ist, wenn pq auf Sc senkrecht gezogen wird, pmq die helle Hemisphäre des Mondes. Befände sich die Erde in der verlängerten Richtung ct, so stellt, wenn *f*d lothrecht auf ct steht, *f*mnq jenen erleuchteten Theil der Mondesscheibe dar, welcher von der Erde aus gesehen werden kann. Wäre nun am die Höhe eines Mondberges, der von den Sonnenstrahlen va, wm beleuchtet wird, so wird auf dem Horizonte hg seines Fußpunktes m sich mn als Schatten dieses Berges bilden. Auch ist der Winkel wmh die Sonnenhöhe für den Punkt m dieses Horizontes. Nun ist aber W. Scm + W. mcq = W. wmh + W. wma = 90°. Da aber die W. Scm und wma (als äußere und innere an Parallelen) einander gleich sind, so muß auch der Winkel mcq dem Winkel wmh gleich seyn, d. h. die Sonnenhöhe für den Gesichtskreis hg ist dem aus der Beobachtung des Bogens mnq zu bestimmenden Winkel mcq gleich. Wird nun die Schattenlänge mn ebenfalls möglichst genau gemessen, so kennt man in dem rechtwinkeligen Dreiecke amn die Cathete mn, und den Winkel amn = wmh; folglich wird am durch die Proportion: r : tang. anm = nm : ma (wie oben) berechnet.

§, 165.

Eine weitere Methode, die Berghöhen des Mondes zu bestimmen, ist diese. Es sei amgn (Fig. 103.) der Mond gerade im ersten oder letzten Viertel, so stellt, wenn die über S verlängerte aS die Richtung des Sonnenstandes bezeichnet, ang die bebeleuchtete und amg die dunkle Halbkugel des Mondes dar, und die Erde befindet sich in der über g verlängerten cgh, wobei der Winkel Sah ein rechter ist (§. 143.). Nun erblickt man in dieser dunkeln Hälfte vielfach solche Lichtpunkte, welche, getrennt

von den übrigen beleuchteten Stellen, ganz frei für sich bestehend und im dunkeln Raume gleichsam schwebend erscheinen. Wenn nun z. B. b ein solcher Lichtpunkt ist, so kann dieser nichts anderes als die Spitze eines hohen Berges seyn, welcher von einem Sonnenstrahle Sab beleuchtet wird, indessen der Fuß desselben bei d durchaus nicht vom Sonnenlichte erreicht werden kann. Dieser Strahl Sab bildet für den Punkt a eine Tangente und wenn man die gerade bdc zieht, so ist bac ein rechtwinkeliges Dreieck. Da sich in a die Lichtgrenze befindet, so kann die Linie ba genau gemessen und ihr Verhältniß zu dem ebenfalls gemessenen Radius ac bestimmt werden. Hierdurch kennt man nun in diesem Dreiecke bac die Cathete ba und die Cathete ac, wodurch (nach dem Pythagoräischen Lehrsatze) die Hypotenuse bc leicht berechnet wird. Zieht man sodann von bc die cd ab, so zeigt die Differenz die Größe von db, d. h. die Höhe des Berges an.

Schon Hevel hatte gefunden, daß bei einigen Bergen die Größe von ab = $\frac{1}{13}$ von ac sei. Nun ist ac = 233 d. M. (§. 164.) folglich ab = $\frac{233}{13}$ = 18 d. M. (ungefähr). Da nun das Quadrat von 233 = 54289 und jenes von 18 = 324 ist, so beträgt ihre Summe 54613, deren Quadratwurzel, d. h. bc = 233,692 d. M. ist. Folglich wird bd = 233,692 — 233 = 0,692, d. h. der Mondsberg bd hat eine Höhe von $\frac{692}{1000}$ einer deutschen Meile oder von 16329 rheinl. Fuß, welche um so bedeutender ist, als die Erde den Mond etwa 49 mal an Größe übertrifft. Indessen hat Schröter durch seine scharfe vielfältige Messungen gefunden, daß es auf dem Monde noch weit höhere Berge gibt; ja, daß ihre Höhen sogar unsere höchsten Erdengebirge darin übertreffen. Auf ähnliche Art ist auch die Tiefe von vielen in der Mitte der Ringgebirge befindlichen Cratern bestimmt worden. An

der Nordseite des Crisium-Meeres (§. 148.) befindet sich ein Crater, dessen Durchmesser über drei Meilen und dessen Tiefe mehr als 15000 Fuß beträgt. Welche ungeheure Abgründe müßten da unsere Augen erblicken, indem die uns sichtbare Oberfläche des Mondes mit solchen Ringgebirgen übersäet ist! Eine Merkwürdigkeit bietet sich noch darin durch die Beobachtung dar, daß die diese Crater umgebenden Gebirgsmassen meist hinreichend erscheinen, um jene furchtbaren Vertiefungen auszufüllen. Es scheint demnach gerade so, als ob sich sowohl diese Abgründe als die sie umgebenden ringförmig aufgethürmten Massen durch vulcanische Eruptionen gebildet hätten. Einige Astronomen wollen sogar noch fortwährende Spuren dieses Vulcanismus wahrgenommen haben; z. B. Herschel, der Vater, erblickte in dem beschatteten Theile der Mondscheibe eine kleine hellglänzende Stelle und Schröter bemerkte i. J. 1788 einen Crater von mehr als einer Meile im Durchmesser, welchen er i. J. 1787 durchaus nicht wahrgenommen hatte, der somit in dieser Zwischenzeit erst entstanden wäre. Wie schwer es indessen ist, sich in solchen Fällen gegen Täuschungen zu schützen, bedarf keiner weitern Erwähnung.

§. 166.

Die Frage, ob auch der Mond mit einer Atmosphäre, gleich oder ähnlich der unserigen, umgeben sei oder nicht, ist so interessant als schwer mit entscheidender Gewißheit zu beantworten. Die ungetrübte Klarheit, womit wir, bei heiterer Luft, die Vollmondscheibe erblicken, die scharfe Grenze, welche zwischen den beleuchteten und dunkeln Stellen des Mondes liegt, so wie überhaupt der Mangel einer eigentlichen Dämmerung, wie man dieselbe z. B. bei der Venus [einem Planeten (§. 10.), welcher sich, gleich unsrer Erde, jedoch in geringerem

Abstande, um die Sonne bewegt], vermittelst guter Fernröhre wahrnimmt; endlich die Beobachtung der Fixsterne, welche von dem Monde bedeckt werden und bei dem Annähern der Mondesscheibe gegen dieselbe auch in sehr großer Nähe nicht allmählig erst, sondern ganz plötzlich verschwinden, was nicht geschehen könnte, wenn eine Dunstkugel, gleich unsrer Atmosphäre, den Mond umgäbe, lassen schließen, daß derselbe entweder gar keine, oder doch nur eine sehr dünne Atmosphäre habe. Indessen wird dieselbe unserm Trabanten von den bewährtesten Astronomen nicht abgesprochen und der so scharfsinnige als fleißige Beobachter desselben, Dr. Gruithuisen zu München, sagt (in s. Naturgeschichte des gestirnten Himmels, München 1836, S. 162 folgendes: „Der Mond wäre vielleicht unter allen „Weltkörpern unseres Sonnensystems die herrlichste „Sternwarte. Ein beständig heiterer Himmel, eine „ungemein heitere Atmosphäre, eine äußerst geringe „astronomische Refraction, eine sehr langsame scheinbare Bewegung um seine Axe, die den zu beobachtenden Stern bei weitem nicht so schnell durch „das Feld eines stark vergrößernden Fernrohrs führt „als auf der Erde, würden die überschwenglichen „Vortheile seyn, welche ein selenitischer Astronom „genösse." Ferner heißt es S. 173: „Gleichwohl „ist der Zustand der Mondatmosphäre, bei all ihrer „großen Verdünntheit, doch so beschaffen, daß darin „Dämmerungen möglich sind, und Schröter hat „das große Verdienst, die wahre Höhe der dämmernden Mondatmosphäre zu finden, die er auf 7878 „par. Fuß und ihre Ausdehnung über die wahre „Lichtgrenze hinaus aus den häufigen Beobachtungen „im Mittel auf $2^0\ 41'\ 55''$ berechnete, und sie beträgt daher nahe $\frac{1}{29}$ des Dämmerungswerthes der „Erde." Endlich wird (in Betreff der ebenfalls streitigen Frage, ob Wasser auf dem Monde zu

finden sei oder nicht) S. 176 gesagt: „Auf der „Mondfläche kann es also keinen Regen, wohl aber „sanften Thau geben, den die Morgennebel den gro= „ßen grauen Ebenen mittheilen und den die immer „ganz auf dem Boden liegenden Wolken am Fuße „der Berge ebenfalls absetzen. Daher ist zu schlie= „ßen, daß der Mond gleichwohl nicht ganz ohne „Quellen seyn möge, die wohl hie und da kleine „Bäche, aber kaum Flüsse bilden dürften, da man „wenigstens in den von mir entdeckten, aus der Ur= „zeit des Mondes herstammenden Flußbetten keine „Spur von Wasser zu bemerken im Stande ist.“ — In der Anmerk. S. 177. kommt noch eine Verglei= chung des Barometerstandes auf dem Monde mit jenem auf der Erde vor. Wenn dieser 28,17 par. Zolle beträgt, so ist jener nur 5,52 solcher Zolle. Mithin wäre die Luft in einer Höhe von 42471 par. F. über der Fläche des Meeres erst so verdünnt, wie es die Luft auf der Oberfläche des Mondes ist. Da die doppelte Höhe des Chimborasso auf 40216 par. F. beträgt, so würde man noch bedeutend höher steigen müssen, um in eine Luftschichte zu kommen, welche mit jener auf der Mondoberfläche gleiche Dichtheit besitzt.

§. 167.

Da der Mond allmonatlich einmal die Erde um= kreiset; diese aber innerhalb 12 Monate ihre Bahn um die Sonne vollendet, so entsteht die Frage, wie die Mondesbahn während der Zeit eines Erdenjahrs, von der Sonne aus gesehen, (heliocentrisch) erscheinen werde. Es sei (Fig. 104.) abcdefghi je= ner Theil der Erdbahn, welcher in der Zeit eines sinodischen Monats (§. 145.) von der Erde um die Sonne durchwandert wird; am, bn, co . . . . iu seien Theile des Halbmessers dieser Bahn, welche, über m, n, o . . . . u verlängert, sich in dem

Mittelpunkte der Sonne (welcher S heißen soll und als in der Zeichnung vorhanden gedacht wird) durchschneiden, so wird der Bogen aei etwa $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{13}$ des ganzen Umkreises betragen. Ferner stellen die um a, b, c . . . . i beschriebenen kleinen Kreise die Bahn des Mondes um die Erde dar und in der Wirklichkeit ist a1 ungefähr $\frac{1}{400}$ von aS (§. 67.). Wenn sich nun die Erde in a, der Mond in 1 befindet, so ist Neumond; ist jene in c, dieser in 3 (wobei der Winkel Sc3 ein rechter ist) so hat das erste Viertel; ist jene in e, dieser in 5, so hat Vollmond statt. Rückt die Erde nach g, so steht der Mond in 7, der Winkel Sg7 ist wieder ein rechter und es tritt das letzte Viertel ein, bis jene in i und dieser wieder in g sich befindet, wodurch der zunächst folgende Neumond stattfindet. Da hierbei (ohne bemerkbaren Fehler, wie aus §. 142. hervorgeht) angenommen werden kann, daß sich die Mondesbahn in der Ebene der Erdbahn befinde und daß die progressive Bewegung des Mondes und der Erde eine stets gleichförmige (§. 90.) sei, indem beides für den in dem Centrum der Sonne gedachten Beobachter keine wesentliche Abänderung in dem Erscheinen des Mondlaufs hervorbringt: so können auch noch die Zwischenstellungen von Erde und Mond bemerkt werden. Da nämlich die gleichförmige Drehung des Mondes um die Mittelpunkte a, b, c . . . . i so geschieht, daß sie von 1 bis 3, von 3 bis 5, von 5 bis 7 und von 7 bis 9 jedesmal einen Quadranten beträgt, so beträgt dieselbe von 1 bis 2 (da Bogen ab gleich dem Bogen bc ist) nur einen halben rechten Winkel. Ebenso ist dies der Fall bei der Bewegung des Mondes von 2 bis 3, von 3 bis 4, von bis 5 u. s. w. bis zur letzten von 8 bis 9, wobei die von ihm zurückgelegten Bogen seiner Bahn immer dem halben Quadranten gleich sind, wenn alle folgenden Theile der Erd-

bahn (bc, cd, de . . . . hi) ebenfalls einander gleich sind. — Werden nun alle Punkte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 durch eine zusammenhängende Curve verbunden, so entsteht eine Schlangenlinie, welche sich vom ersten Viertel (in 3) über die Ecliptik (d. h. jenseits derselben in Bezug auf den Ort der Sonne) erhebt, vom Vollmonde (in 5) wieder zur Ecliptik zurückkehrt, bis zum letzten Viertel (in 7); sodann wieder bis zum Neumonde (in g) unterhalb derselben (d. h. gegen die Sonne hin) herabsteigt, und ihre Windungen immer nach diesem Gesetze wiederholet. Dächte man sich diese Bahn von der ganzen Mondkugel (und nicht blos von ihrem Mittelpunkte) beschrieben, so entstände (wie man sich leicht durch eine Zeichnung anschaulich machen kann) ein schlangenförmig gewundenes Band, welches sehr nahe bei der Erde dieselbe fortwährend umgibt. Diese Bahn unseres Mondes ist demnach eine aus der Bewegung der Erde um die Sonne und aus dem vielmal schnellern Umschwung des Mondes um unsere Erde zusammengesetzte fortschreitende Bewegung.

§. 168.

Die allgemeinsten Bedingnisse zur Entstehung einer Sonnenfinsterniß sind bereits oben (§. 142.) angegeben worden. Auch wurde daselbst erklärt, daß nicht mit jedem Neumonde eine solche stattfinden könne. Ferner ist früher (§. 79.) die Länge des Schattenkegels des Mondes berechnet und durch die Zeichnung (Fig. 43.) eine Anwendung davon auf die Erzeugung einer Sonnenfinsterniß gemacht worden. Zur weitern Ausführung der Sache diene nunmehr folgendes.

Es sei **ABCDE** (Fig. 105.) ein Stück der Sonnenbahn, **C** der Mittelpunkt der Sonne, **V** jener des Mondes, wobei das Auge des Beobachters in

dem Centrum der Erde angenommen wird. Da die Länge der Sonne und des Mondes und die Breite des letztern bekannt ist, welche diesen Himmelskörpern eine Stunde vor dem Eintritt des Neumondes zukommt, so sei CB der Unterschied dieser Länge des Mondes und der Sonne, und BV, lothrecht auf CB stehend, sei die Breite des Mondes. Man berechne nämlich diese Maße in Zeitsecunden und trage dieselbe linearisch auf. Ebenso wird der Unterschied der Länge dieser beiden Körper und die Breite des Mondes berechnet, welche ihnen eine Stunde nach der Conjunction zukommt. Diese Längen-Differenz trage man von C nach D, errichte hier ein Loth DO und mache DO der Breite des Mondes gleich. Wird nun die gerade VO gezogen, so stellt diese den Weg des Mondes während der zwei Stunden dar, zwischen welche die Conjunction gerade in die Mitte fällt, und wobei die Sonne in C als feststehend betrachtet wird. Da sich nun der Beobachter nicht in dem Mittelpunkte, sondern auf der Oberfläche der Erde befindet, so erscheint ihm der Mond niedriger. Denn wenn D (Fig. 35.) der Mittelpunkt des Mondes, A der Ort des Beobachters und AS dessen Horizont ist, so stellt der Winkel DAS die Höhe des Mondes dar. Befände sich dagegen der Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, wo CH den Gesichtskreis darstellt, so bestimmte der Winkel DCH diese Mondeshöhe. Nun ist aber W. SCH = W. DGS und W. DGS ist größer als W. DAS. Folglich erscheint der Mond in A niedriger zu stehen als in C.

Denkt man sich nun unter (Fig. 105.) PQ einen Verticalkreis durch V, unter RS einen solchen durch O, und nimmt an, der Mond erscheine in jenem um den Bogen VF, in diesem um den Bogen OM niedriger, als er wirklich steht, so stellt die Linie GFMN die Bahn des Mondes vor, wie sie dem

Beobachter auf der Erde erscheint, wenn die Sonne inzwischen als stillstehend betrachtet wird. Beschreibt man nun aus C mit einer Linie CL = CI, welche der Summe des Sonnen- und Mondeshalbmessers gleich ist, zwei Bogen, welche diese Mondbahn in L und I schneiden, so befindet sich der Mittelpunkt des Mondes in I, wenn die Finsterniß beginnt und in L, wenn sie sich endiget. Ein von C auf GN gezogenes Loth CK deutet den Punkt K an, in welchem sich das Centrum des Mondes zur Zeit der größten Verfinsterung der Sonne befindet. Wird aus K mit dem scheinbaren Halbmesser des Mondes KT ein Kreis beschrieben, so stellt der zwischen mn enthaltene Theil die Größe des verfinsterten Stückes der Sonnenscheibe dar. Da der Bogen FM in zwei Stunden beschrieben wird, so kann aus dem Verhältnisse von FI zu FM die Zeit des Anfangs und aus jenem von FL zu FM jene des Endes, und somit auch die Zeit der Dauer der ganzen Finsterniß berechnet werden.

§. 169.

Eine anschauliche Erläuterung gewährt Nachfolgendes. Es sei T (Fig. 106.) die Erde, S die Sonne, MN ein Theil der Mondbahn, in welcher derselbe von M nach N fortschreitet, so stellt bpq den Schattenkegel (Kernschatten), qE und pD aber die Grenze des Halbschattens dar, welchen der Mond auf die Erde wirft. Befindet sich nun der Mond in a, so erblickt der Bewohner in q den östlichen Rand des Mondes genau an dem westlichen Rande p der Sonnenscheibe, womit die Finsterniß für den Ort q beginnt. Da die Orte zwischen q und E nur Theile der Sonnenscheibe wahrnehmen können, indem z. B. die Gesichtslinie tu dem Orte t das Stück nP nicht mehr sichtbar macht, so hat für diese Orte eine partiale Sonnenfinsterniß statt. Die Orte zwischen

p und D dagegen können die ganze Sonnenscheibe ungeschmälert erblicken. Schreitet der Mond nach b, so haben die zwischen q und p liegenden Orte eine totale Finsterniß, da ihnen die ganze Sonnenscheibe verdeckt wird. An dem Orte E hört die Finsterniß gerade auf und für den Ort D beginnt sie. Zwischen p und D zeigt sie sich als eine partiale.

Wenn zur Zeit einer Sonnenfinsterniß die Sonne in der Erdferne und der Mond in der Erdnähe sich befindet, d. h. wenn S am weitesten von T und b am nächsten bei T ist, so kann eine totale Finsterniß mit Dauer entstehen und diese Zeit kann (nach den Berechnungen der sich in diesen Lagen bildenden Sehwinkel) höchstens 3 Minuten und 41 Secunden betragen. Erscheinen die Sehwinkel von Sonne und Mond zur Zeit der Finsterniß gleich groß, so währt die totale Verfinsterung nur einige Augenblicke und sobald der östliche Rand des Mondes jenen der Sonnenscheibe berührt, so tritt der westliche Sonnenrand auch schon aus der Verfinsterung hervor. Ist aber der Sehwinkel des Mondes bei einer totalen Finsterniß kleiner als jener der Sonne (wie dieses Verhältniß der Sehwinkel in der Regel stattfindet) so kann der Mond nicht die ganze Sonnenscheibe bedecken, und wenn die Mittelpunkte von Sonne, Mond und Erde entweder ganz genau oder beinahe in einer geraden Linie liegen, so erblickt man von dieser einen ringsumher zusammenhängenden glänzenden Ring und diese (im Ganzen sehr seltenen) Finsternisse werden ringförmige oder annuläre genennt. Die Breite dieses Ringes kann höchstens 1½ Min. betragen, indem der Sehwinkel der Sonne in ihrer Erdnähe um 3 Min. größer seyn kann als jener des Mondes in seiner Erdferne.

§. 170.

Noch bemerke man in Betreff der Sonnen- und

Mondsfinsternisse folgende Resultate: 1) Jede Mondsfinsterniß ist, da die Mondscheibe wirklich von dem Erdschatten mehr oder minder bedeckt wird, in demselbigen Augenblicke auf jener ganzen Halbkugel der Erde sichtbar, für welche die Sonne untergegangen ist; dagegen kann eine Sonnenfinsterniß nur an jenen Orten der Erde wahrgenommen werden, über welche sich der Halbschatten oder der Kernschatten des Mondes von Westen nach Osten hinwegbewegt. Denn sie ist eigentlich eine Erdfinsterniß und würde auch den Mondbewohnern als solche erscheinen. Diese nämlich erblickten den Schatten des Mondes mehr oder weniger tief in die hellbeleuchtete Scheibe der Erde eingedrungen.

2) Sonnenfinsternisse können überhaupt nur auf einem Theil der Erdfläche wahrgenommen werden, welcher sich höchstens auf 70° hinerstreckt, und eine totale Sonnenfinsterniß ist auf die weit kleinere Fläche von 2° im Durchmesser beschränkt. Ferner können an einem bestimmten Orte nur alle zwei Jahre sichtbare Sonnenfinsternisse überhaupt, und alle 200 Jahre kann erst eine totale Sonnenfinsterniß stattfinden.

3) Eine Sonnenfinsterniß kann höchstens eine Dauer von 7 Stunden auf der ganzen Erdoberfläche haben, von der Zeit ihres Beginnens bis zu ihrem Ende und nicht für einen bestimmten Ort gerechnet; eine totale Sonnenfinsterniß kann ebenso nicht länger als 4 Stunden 38 Min. währen. Auf gleiche Art beträgt die längste Dauer einer Mondsfinsterniß 4 Stunden 38 Min. und die Zeit einer totalen Mondsfinsterniß kann 2 Stunden 18 Min. nicht überschreiten.

4) Daß keine Mondsfinsterniß stattfinden kann, wenn die Breite des Mondes größer ist, als die Summe des Radius des Erdschattens (in der Entfernung des Mondes von der Erde) und des scheinbaren Halbmessers des Mondes, ist leicht aus dem

Frühern (§. 157 u. f.) begreiflich. Hierdurch findet man nun, daß keine M. F. möglich ist, wenn der Mittelpunkt des Vollmondes mehr als 62⅔ Min. von der Ecliptik entfernt ist; daß hingegen eine solche eintreten muß, wenn diese Entfernung weniger als 51½ Min. beträgt. Hieraus folgt weiter, daß, wenn der Mond um mehr als 12½ Grad von seinem Knoten entfernt ist, keine M. F. möglich wird; daß dagegen eine solche erfolgen muß, wenn dieser Abstand weniger als 9⅓ Grad beträgt. In der Entfernung zwischen 9⅓ Grad und 12½ Grad ist das Eintreffen einer M. F. ungewiß und wird nur dann stattfinden, wenn die Breite des Mondes bei seiner Conjunction kleiner ist, als die Summe der oben erwähnten Halbmesser.

5) Eine Sonnenfinsterniß kann nur dann entstehen, wenn (wie aus Fig. 105. deutlich hervorgeht) die Summe der Halbmesser des Mondes und der Sonne größer ist als die Entfernung der Mittelpunkte dieser Himmelskörper. Hieraus ergibt es sich weiter, daß, wenn zur Zeit des Neumondes die Entfernung der Sonne und des Mondes von dem nächsten Knoten des Mondes weniger als 13½ Grad beträgt, eine S. F. eintreffen muß; sowie aber keine stattfinden kann, wenn jener Abstand größer als 19° ist. Zwischen diesen beiden Grenzen bleibt es wieder unentschieden, ob eine solche Finsterniß möglich ist oder nicht. Die Berechnung des obigen Verhältnisses der Halbmesser gegen die Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und des Mondes aus ihrem wahren Orte muß die Entscheidung geben.

6) Hieraus erkennt man nun auch, daß die Mondsfinsternisse häufiger als die Sonnenfinsternisse sind. Denn jene fallen zwischen die Grenzen von 12½° bis 9⅓° und diese haben den größern Zwischenraum von 19° bis 13½°. Dieses Verhältniß gilt

indessen für die Sichtbarkeit solcher Finsternisse überhaupt, ohne einen bestimmten Ort der Erde zu berücksichtigen, für welchen sie wahrnehmbar sind. In Bezug auf einen fest bestimmten Ort sind die Sonnenfinsternisse ungefähr dreimal so selten, als die Mondsfinsternisse, wie man leicht aus ihrer Entstehung einsehen wird.

§. 171.

Von 1844 bis 1899 werden folgende **totale Mondsfinsternisse** in Europa sichtbar seyn:

Im Jahre 1844 am 31. Mai und
am 25. November
„ „ 1848 am 19. März
„ „ 1870 am 17. Januar und
am 12. Julius
„ „ 1877 am 27. Februar und
am 23. August
„ „ 1880 am 16. December
„ „ 1884 am 4. October
„ „ 1888 am 28. Januar
„ „ 1891 am 23. Mai und
am 16. November
„ „ 1892 am 4. November
„ „ 1898 am 27. December
„ „ 1899 am 17. December.

Die **bedeutendsten Sonnenfinsternisse** für eben diese Jahre sind folgende (für Paris berechnet):

Im Jahre 1845 am 6. Mai von 8 U. 24 Min. bis 10 U. 43 vorm. größte Verfinsterung $5\frac{1}{5}$ Zoll,

Im Jahre 1847 am 9. October von 6 U. 27 Min. bis 9 U. 3 Min. $11\frac{1}{2}$ Zoll, ringförmig,

Im Jahre 1851 am 28. Julius 2 U. 14 Min. bis 4 U. 17 Min. $9\frac{1}{2}$ Zoll,

Im Jahr 1858 am 15. Mai von 11 U. 39 Min. bis 2 U. 22 Min. 10¾ Zoll,

Im Jahre 1860 am 18. Julius von 1 U. 55 Min. bis 4 U. 5 Min. 9½ Zoll,

Im Jahre 1861 am 31. December um 2 U. 5 Min. beginnend und unter dem Gesichtskreise endigend, 6⅕ Zoll,

Im Jahre 1863 am 17. Mai von 6 U. Ab. bis 7½ U. 4 Zoll,

Im Jahre 1865 am 19. October um 4 U. 23 Min. beginnend und unter dem Horizonte endigend, 6 Zoll, ringförmig,

Im Jahre 1866 am 8. October von 5 U. 2 Min. des Abends bis zu Ende unter dem Gesichtskreise, 4 Zoll,

Im Jahre 1867 am 6 März von 7 U. 51 Min. bis 10 U. 29 Min. 9½ Zoll,

Im Jahre 1870 am 22. December von 11 U. 24 Min. bis 2 U. 5 Min. 10 Zoll,

Im Jahre 1879 am 10. Julius von früh 7 U. 45 Min. bis 9 U. 41 Min. 6⅛ Zoll,

Im Jahre 1880 am 31. December von 1 U. 49 Min. bis 3 U. 36 Min. 4½ Zoll,

Im Jahre 1887 am 19. August, unterm Horizonte beginnend und um 5 U. 30 Min. endigend, 8¼ Zoll,

Im Jahre 1890 am 17. Junius um 8 Uhr 19 Min. beginnend bis 10 U. 48 Min. 5¾ Zoll,

Im Jahre 1896 am 9. August unterm Gesichtskreise anfangend und um 4 U. 42 Min. endigend, ¾ Zoll, im nordöstlichen Europa sehr bedeutend.

§. 172.

Aus den räumlichen Verhältnissen, welche zwischen Sonne, Mond und Erde bestehen, hat man

ferner gefunden, daß im Laufe eines Jahres aufs Höchste sieben Finsternisse (theils an der Sonne, theils am Monde) stattfinden können. Dieses war der Fall im Jahr 1808, worin zwei totale Mondsfinsternisse und fünf (bei uns unsichtbare) Sonnenfinsternisse eintraten. Da 365 — 11 = 354 ist und nach diesen 354 Tagen die Neumonde und Vollmonde gerade 12 mal wiederkehren (§. 146.), so treffen sie im nächstfolgenden Jahre um 11 Tage früher bei dem nämlichen Knoten ein und es haben Finsternisse von bedeutender Größe nunmehr wiederum statt; jedoch um 11 Tage früher und verändert in der Größe.

Auch müssen in jedem Jahre wenigstens zwei Sonnenfinsternisse statt haben, weil die Sonne, nach Verlauf von 6 Monaten, in die Nähe des aufsteigenden oder absteigenden Mondesknoten kommt. Wenn Neumonde vor oder nach einer totalen Mondsfinsterniß eintreffen, so entsteht gewöhnlich auch durch sie eine Sonnenfinsterniß. Hat aber der Neumond gerade im auf- oder absteigenden Knotenpunkte statt, so ist sowohl der zunächst vorhergegangene als der nachher folgende Vollmond zu weit von dem Knoten entfernt, um eine Finsterniß zu veranlassen. Es kann demnach in einem Jahre, worin zwei centrale Sonnenfinsternisse stattfinden, keine Mondsfinsterniß eintreten. Da nach Ablauf von 18 Jahren und 11 Tagen 223 Neumonde stattfanden und während dieser Zeit die Knoten des Mondes beinahe einen vollen Umlauf am Himmel gemacht haben (§. 147.), so beginnt, wie bereits oben (§. 161.) bemerkt wurde, mit dem 19ten Jahre wiederum derselbige Turnus für die Finsternisse. Noch genauer hat dieses für die Sonnen- und Mondsfinsternisse statt, welche nach 716, 3087, 6890, 9977 Neu- und Vollmonden stets mit größerer Genauigkeit wiederum so eintreffen, wie sie zuvor gewesen waren.

§. 173.

Wenn Sonnenfinsternisse von bedeutender Größe eintreten, so muß dieses seltene Phänomen, zumal wenn dasselbe bei heiterem Himmel stattfindet, die Aufmerksamkeit der Erdbewohner in Anspruch nehmen. Daher findet man schon in den ältesten Schriften Erwähnung von ihnen; z. B. im 13 Cap. des Propheten Esaias, in dem Homer und Pindar, bei Plinius im 12. Capit. des 2. Buches, im 2. Buche des Dionysius von Halicarnaß, wo der großen Sonnenfinsternisse erwähnt wird, welche bei des Romulus Geburt und Tod eingetreten waren und den Tag in dunkle Nacht verwandelt hätten. Nach Herodot soll sich im 6. Jahre des Krieges zwischen den Lydiern und Medern während einer Schlacht der Tag ebenfalls plötzlich in Nacht umgewandelt haben und Thales habe diese Finsterniß vorausgesagt. Man hat nachgewiesen, daß es die Finsterniß am 17. Mai 603 Jahre vor Chr. Geb. gewesen war. Aehnliche zeigten sich in den Jahren 431, 190, 50 vor Chr. Geb. und nach Chr. Geb. in den Jahren 59, 100, 237, 360, 787, 840, 878, 957, 1133, 1187, 1191, 1241, 1415, 1485, 1544, 1560. Ein genaues Verzeichniß von allen seit dem Anfang unserer Zeitrechnung stattgefundenen Finsternissen findet sich in der Schrift: L'art de vérifier les dates (1770, fol.) Clavius (der bekannte Commentator des Euclides) bemerkte von der am 21. August des Jahrs 1560 durch ihn beobachteten totalen Sonnenfinsterniß, daß die entstandene Dunkelheit empfindlicher war als jene der Nacht, indem man in dichte Finsterniß gehüllt war. Auch auf die Thiere sei dieser Eindruck bedeutend gewesen und Vögel seien aus Schrecken auf die Erde herabgefallen.

Eine Sonnenfinsterniß war am 23. September 1699 zu Greifswalde so bedeutend, daß nur $\frac{1}{180}$ des

Sonnendurchmessers unbedeckt geblieben ist. Es entstand eine solche Dunkelheit, daß man weder lesen noch schreiben konnte und vier Sterne (Mercur und Venus: zwei Planeten; Regulus und die Kornähre der Jungfrau: zwei Firsterne) sind sichtbar geworden. Dieses bemerkte La Lande in s. astronomischen Handbuche. Leipzig, 1775 S. 409 u. f. — Ebenso hatte Davizard von der i. J. 1706 am 12. Mai zu Arles beobachteten totalen Sonnenfinsterniß, deren Dauer fünf volle Minuten betrug, berichtet, daß eine fast gänzliche Fisterniß eingetreten sei; so, daß man sich kaum mehr erkennen konnte. Obgleich dieselbe des Vormittags um halb 10 Uhr stattfand, so seien dennoch die Nachtvögel zum Vorscheine gekommen und die Vögel des Tages entwichen. Von der am 3. Mai 1715 zu London eingetretenen totalen S. F. bemerkt Louville, es sei nicht eigentlich die Nacht, sondern nur eine Dämmerung von ungewöhnlicher Art wahrgenommen worden, welche ein mattes, graulich scheinendes Licht über die Gegenstände umher verbreitet habe. Etwas Aehnliches hatte der Vfr. dieses bei der ringförmigen S. F. am 7. September 1820, welche des Nachmittags stattgefunden, bemerkt. Weit entfernt von einer eigentlichen Dunkelheit, zeigten sich die Umgebungen in einer matten, gleichsam magischen Beleuchtung, bei welcher der Charakter einer bestimmten Farbe nicht mehr deutlich unterschieden werden konnte. Dasselbe, nur vermindert, zeigte sich den Beobachtern der bedeutenden Sonnenfinsterniß am 8. Julius 1841, welche in den frühen Morgenstunden stattgefunden hatte.

Daß auch die Erwärmung der Luft während der Zeit einer großen S. F. abnehme, haben unzweideutige Beobachtungen gelehrt, welche man mit feinen Werkzeugen angestellt hat.

§. 174.

Da unser Mond der Erde, im Verhältniß zu der Entfernung der Firsterne von ihr, so sehr nahe steht (§. 67.) und ein undurchsichtiger Körper ist, so muß es sich wohl bei seinem allmonatlichen von Westen nach Osten gehenden Umlaufe um die Erde nicht so selten fügen, daß er den Erdbewohnern die helleren Firsterne unsichtbar macht. Dieses Unsichtbarwerden derselben durch den zwischen den Beobachter und den Firstern getretene Mond nennt man eine Bedeckung (Occultation). Da die Axendrehung der Erde von Westen nach Osten gerichtet ist, so müssen diese Bedeckungen den westlicher liegenden Ländern früher als den mehr nach Osten gelegenen sichtbar werden. Eine solche Bedeckung heißt central, wenn sich der Mittelpunkt des Mondes mit dem Orte des Beobachters und mit dem Firsterne in einer geraden Linie befindet. Wäre (Fig. 107.) M das Centrum des Mondes, E der Beobachtungsort und S der Firstern, so bildete SME eine gerade Linie und die Bedeckung dieses Sternes wäre eine centrale. Denkt man sich aus S zwei gerade Linien am Rande des Mondes bei *f* und bei *g* gegen die Erde gezogen, so sind beide (wegen der ungeheuern Entfernung des Sternes S von M und von E) als parallel mit SE (§. 30.) anzusehen und folglich einerlei mit *mfp* und *ngq*. Es haben demnach die Punkte *p* und *q* einen Abstand von einander, welcher dem Mondesdurchmesser *fg* gleich ist. Denkt man sich mit E*p* = E*q*, als Radius, einen Kreis um E, so bezeichnet er auf der Erde jenes Stück ihrer Oberfläche, von welcher der Stern S noch vom Monde bedeckt erscheint. Alle Orte, welche außerhalb dieses Kreises liegen, werden den Stern ungehindert neben dem Monde erblicken können. Wenn sich der Mond nach der Richtung *g*M*f* um die Erde bewegt, so hat bei

f der Anfang der Bedeckung (der Eintritt des Sterns) bei M die Mitte und in g das Ende der Bedeckung (der Austritt des Sterns) statt. Wenn der Mond nur sichelförmig beleuchtet ist, so läßt sich bei den Fixsternen erster und zweiter Größe die Erscheinung wohl mit freiem Auge erkennen; in den Quadraturen ist sein Licht zu stark und es kann dieselbe selbst mit Fernröhren oft nicht scharf beobachtet werden. Daß übrigens die Beobachtung der Zeit dieses Eintritts oder Austritts eines bestimmten Fixsterns, welche an verschiedenen Erdorten, deren Länge (§. 61.) verschieden ist, mit Genauigkeit beobachtet wird, ein Mittel an die Hand gibt, um die Meridian-Unterschiede dieser Orte entweder aufzufinden, oder die vorhandenen Angaben derselben zu prüfen, ist von selbst ersichtlich (§. 62.).

Eine genauere Bestimmung lehrt, daß Fixsterne, deren Breite mehr als 6° 36′ beträgt, nicht mehr vom Monde bedeckt werden können und daß somit eine 13° 12′ breite Zone diesseits und jenseits der Ecliptik besteht, innerhalb welcher diese Occultationen möglich sind. Die Fixsternverzeichnisse (§. 119.) zeigen nun, daß sich in dieser Zone etwa 180 Sterne von der 1ten bis 5ten Größe befinden, welches für die Zeit eines Monates nur 7 bis 8 solcher Bedeckungen möglich macht. Daß man diese Sternbedeckungen sowohl für den Mittelpunkt der Erde, als auch für einen Ort auf seiner Oberfläche berechnen kann, wobei zugleich die Parallaxe des Mondes zu berücksichtigen ist, wird man aus dem Bisherigen von selbst schon übersehen; die weitere Ausführung gehört aber nicht zum Zwecke dieses Lehrbegriffs.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Gedruckt bei Wailandt's Wittib.

Taf. I.

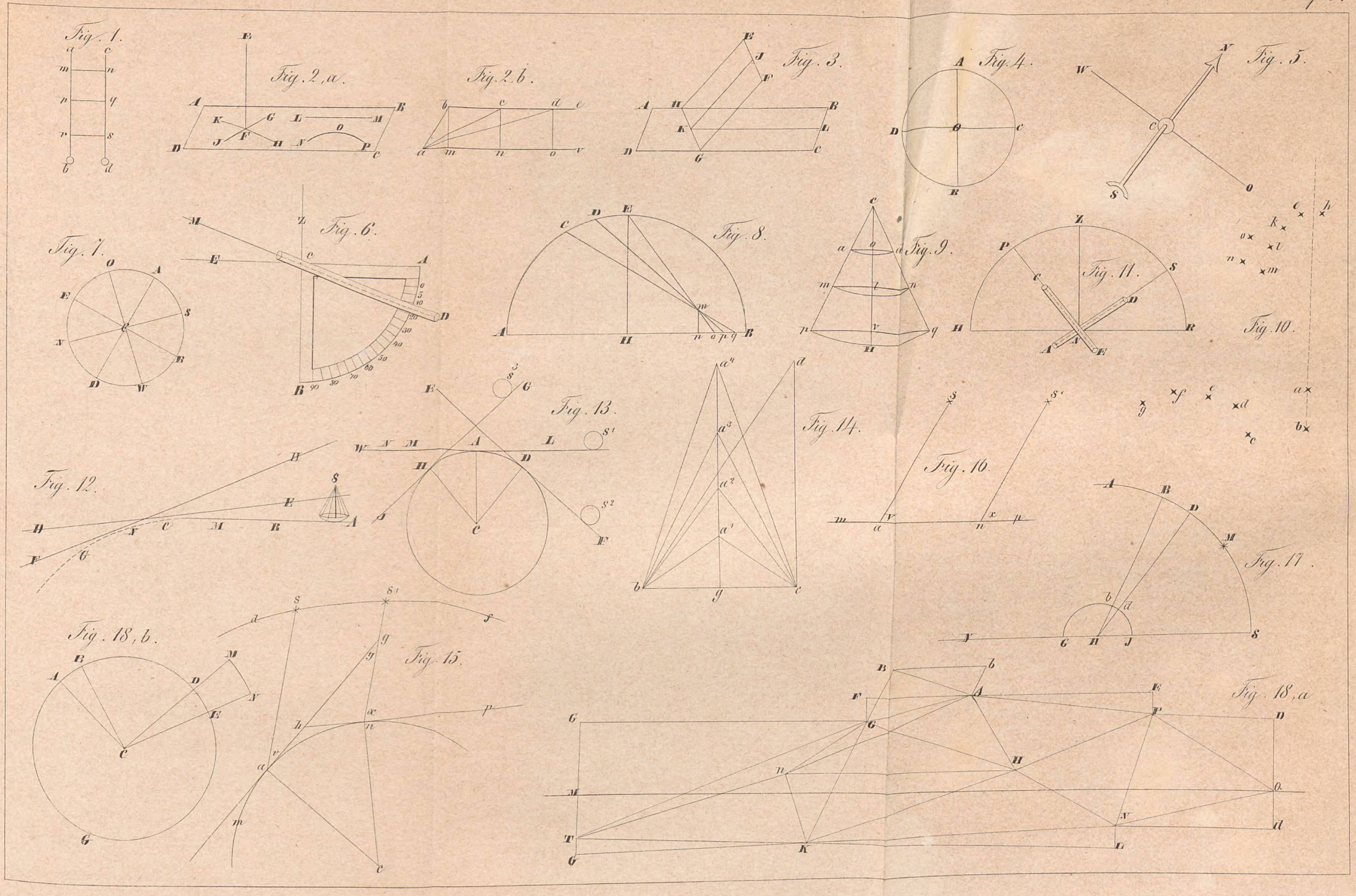


Fig. 1.
Fig. 2, a.
Fig. 2 b.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18, a
Fig. 18, b.

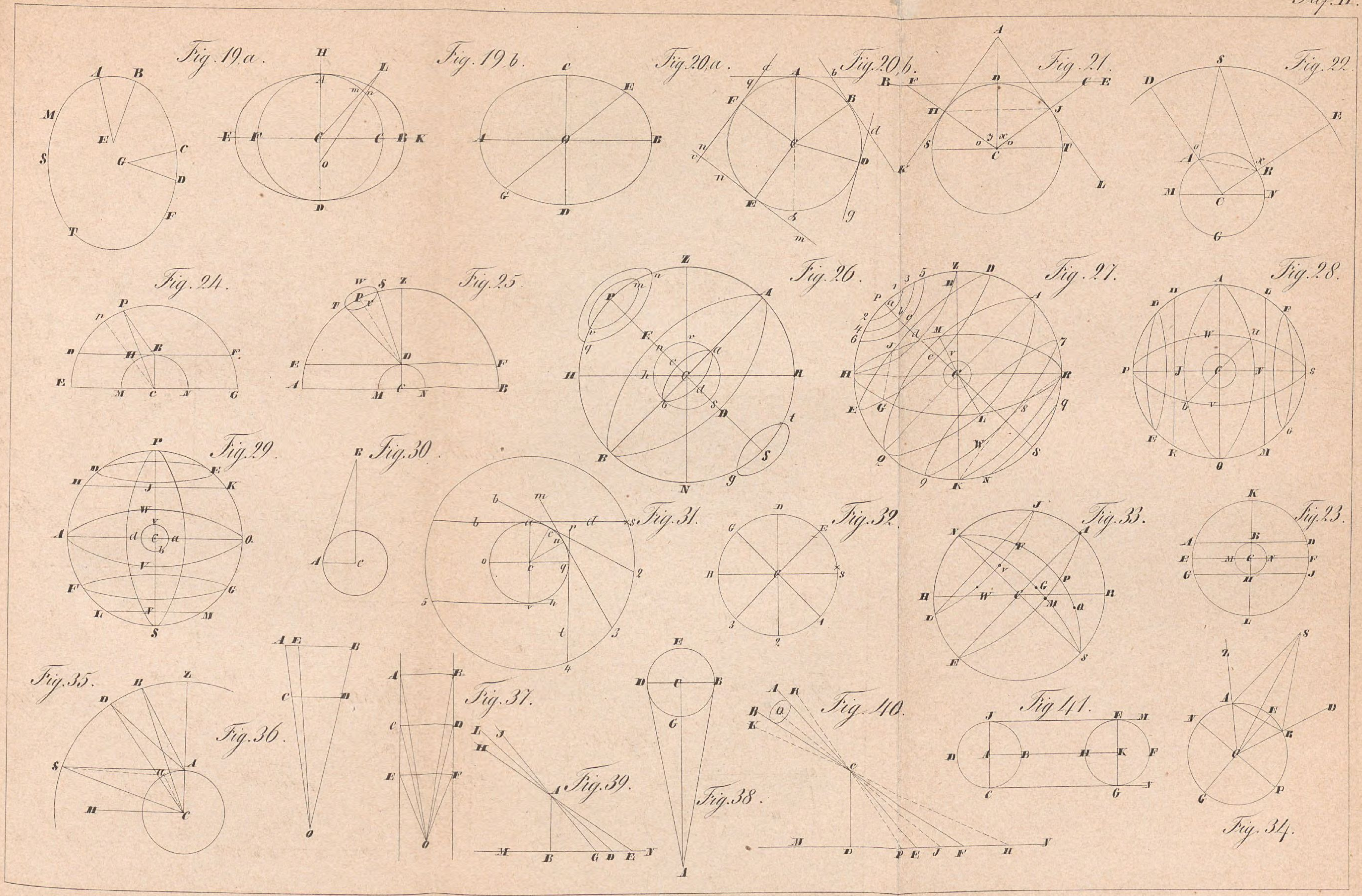
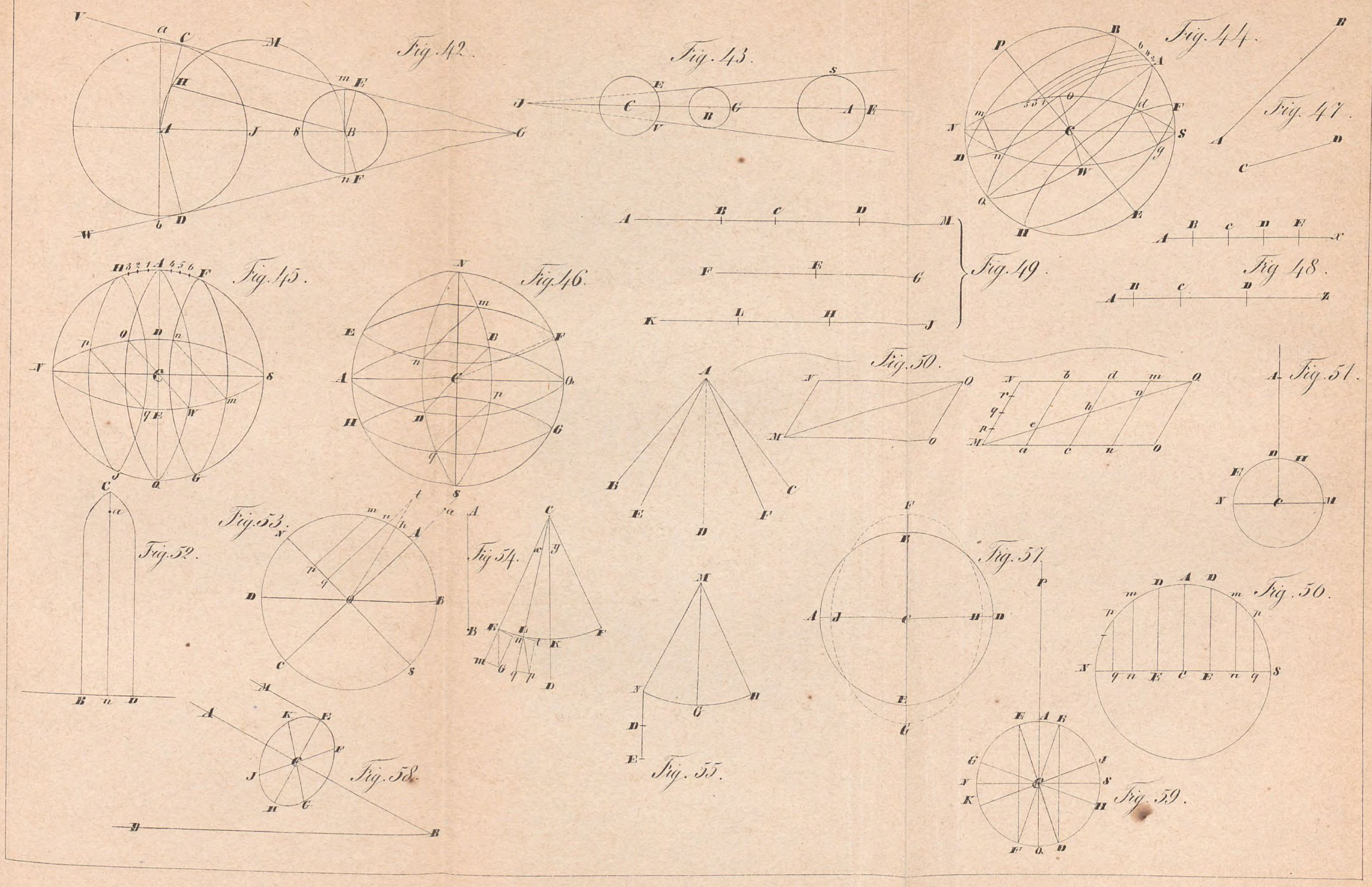


Fig. 19, a.
Fig. 19. b.
Fig. 20, a.
Fig. 20, b.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 23.
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 39.
Fig. 38.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 34.

G
J
50
o



Lith. artist. Anst. von M. Frommann in Darmstadt.

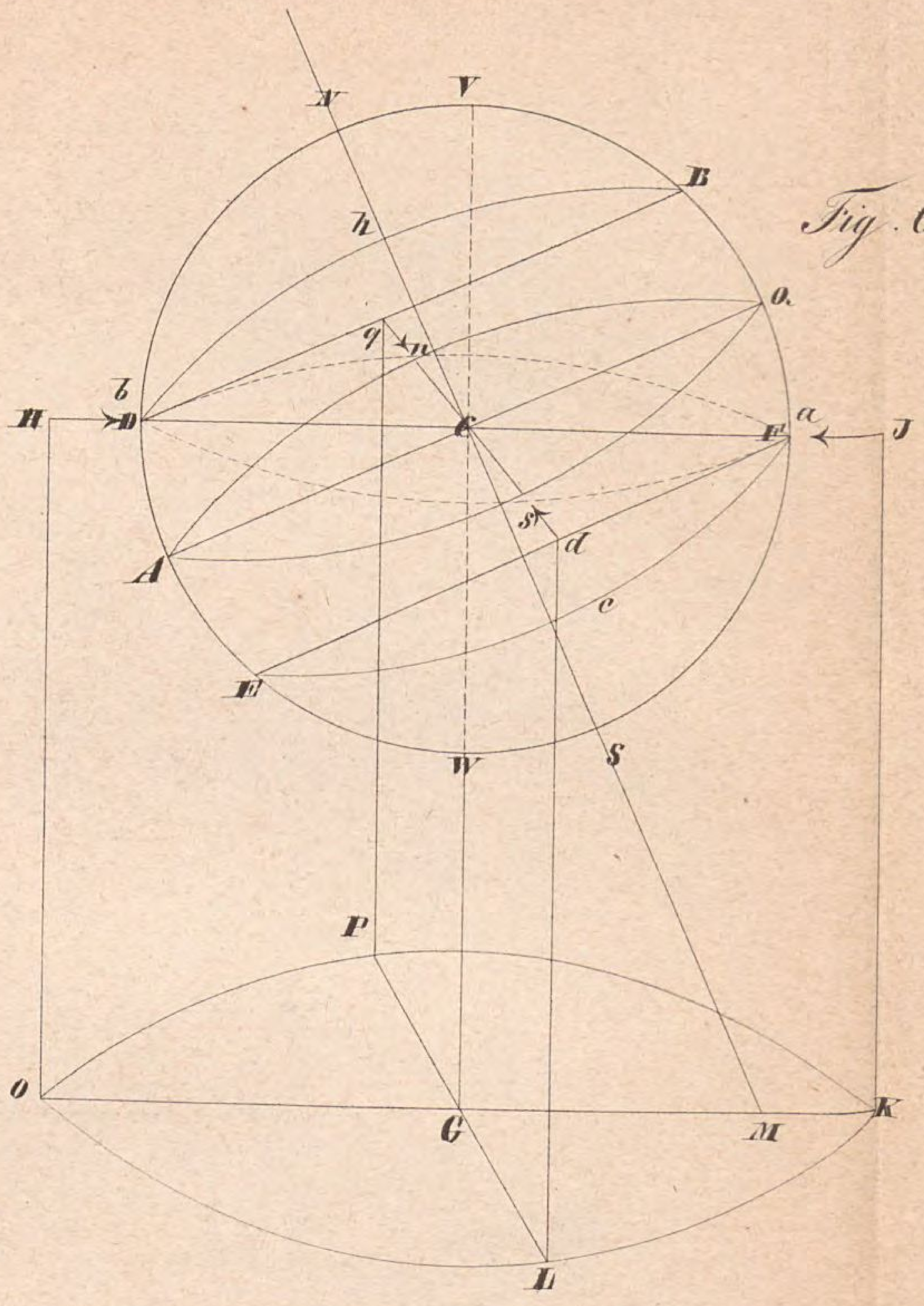


Fig. 60.

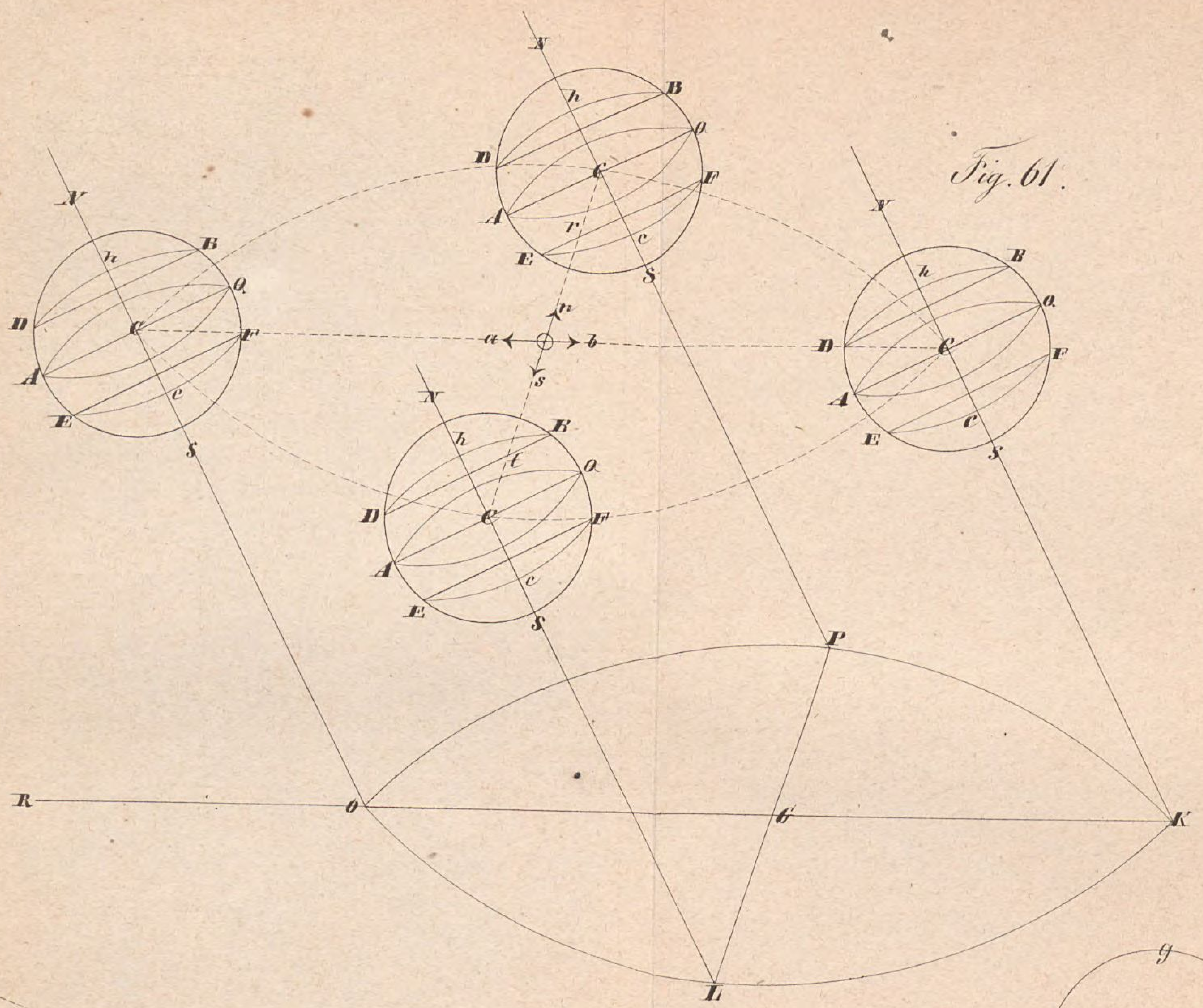


Fig. 61.

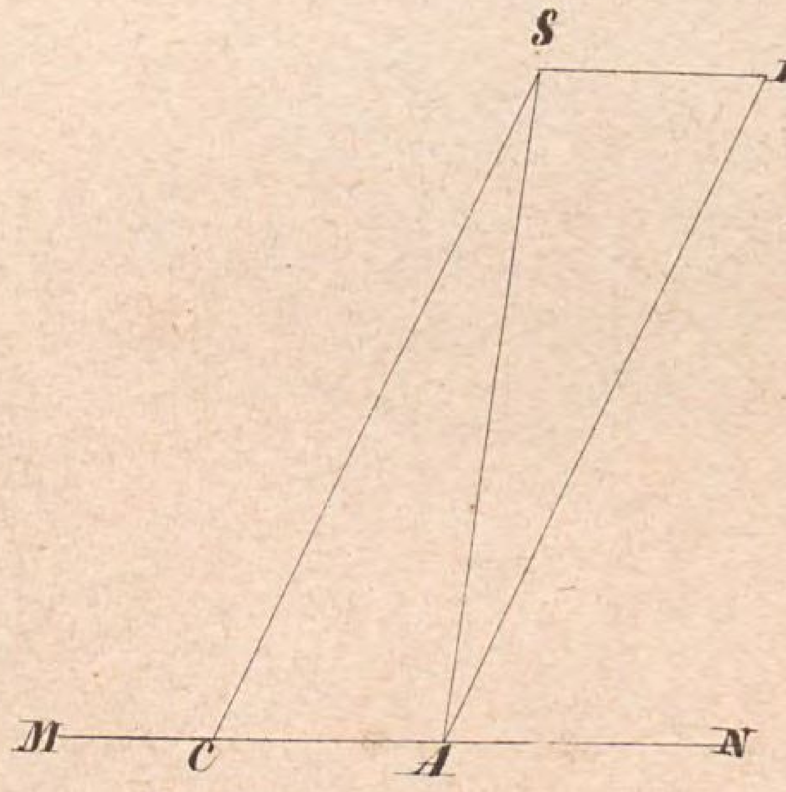


Fig. 62, a.

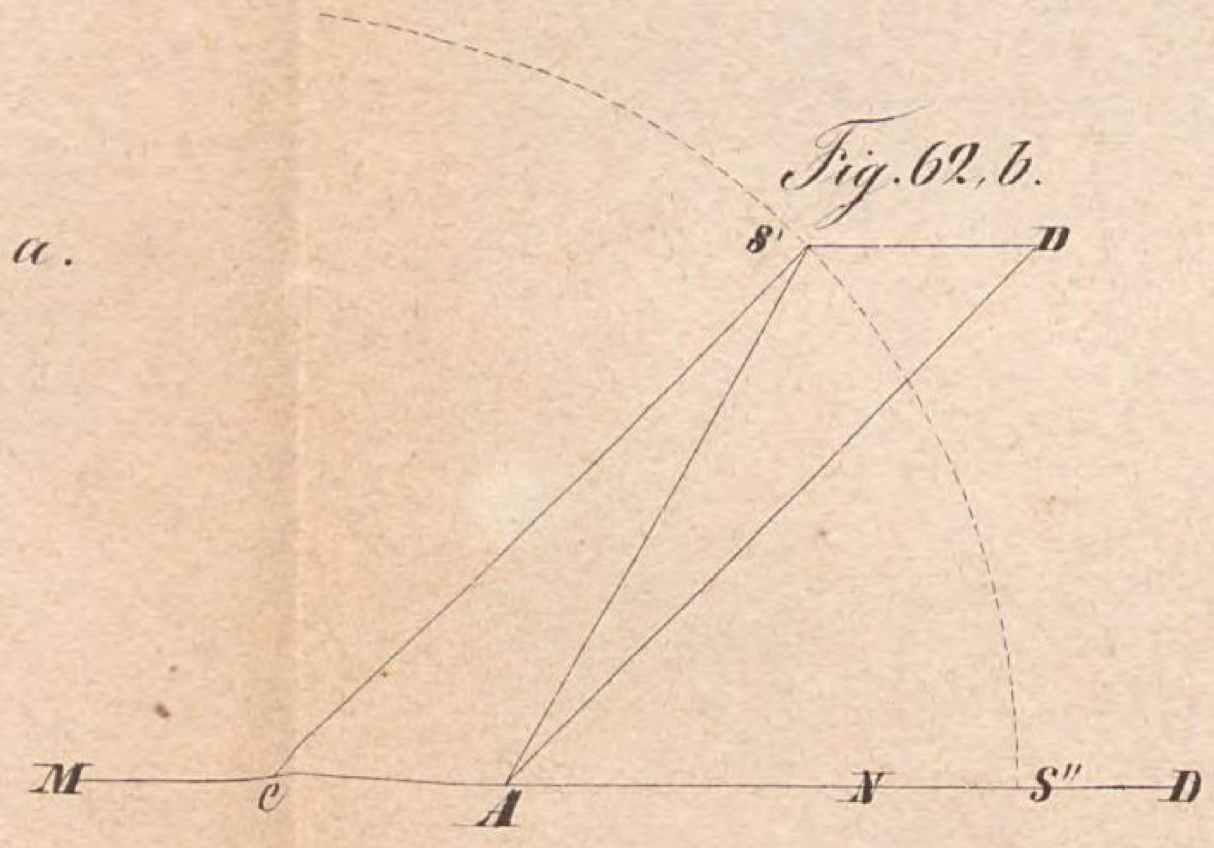


Fig. 62, b.

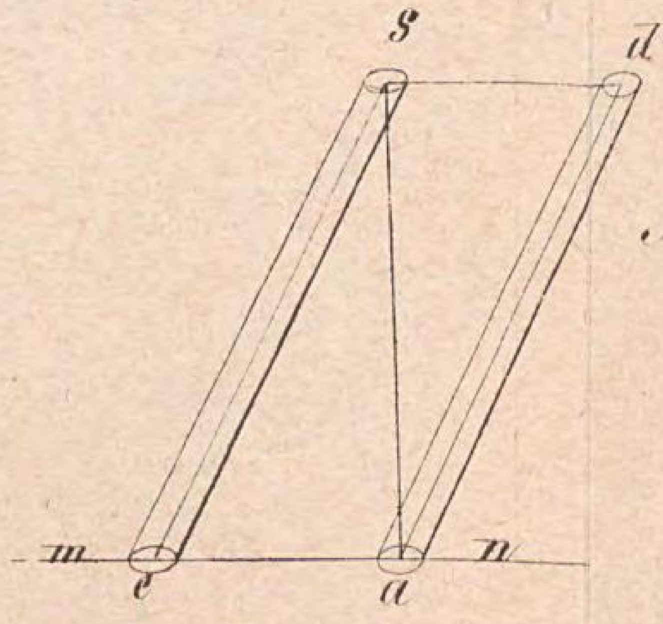


Fig. 63.

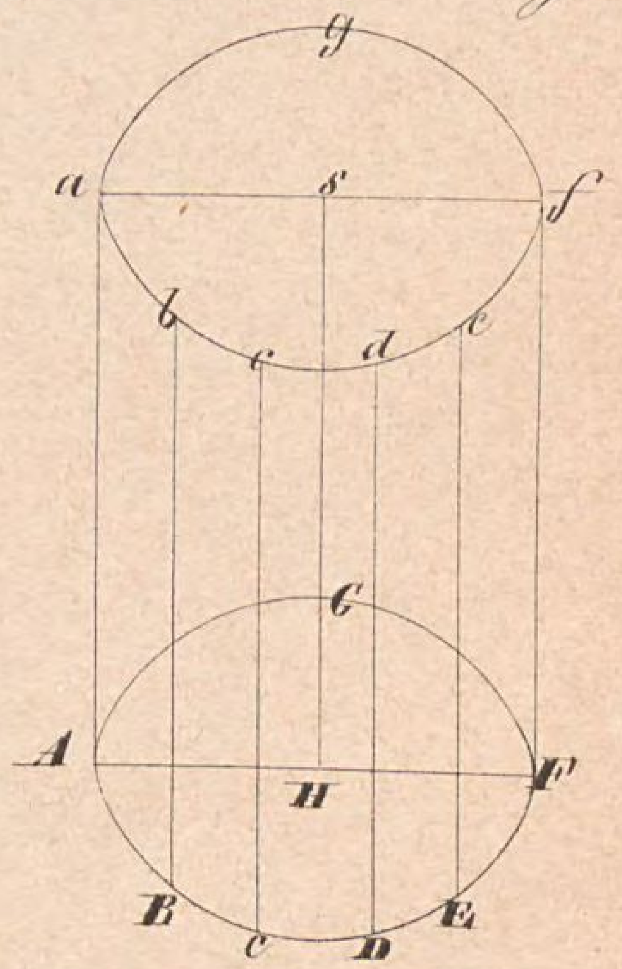


Fig. 64.

lith. artist. Anst. v. M. Frommann in Darmstadt.

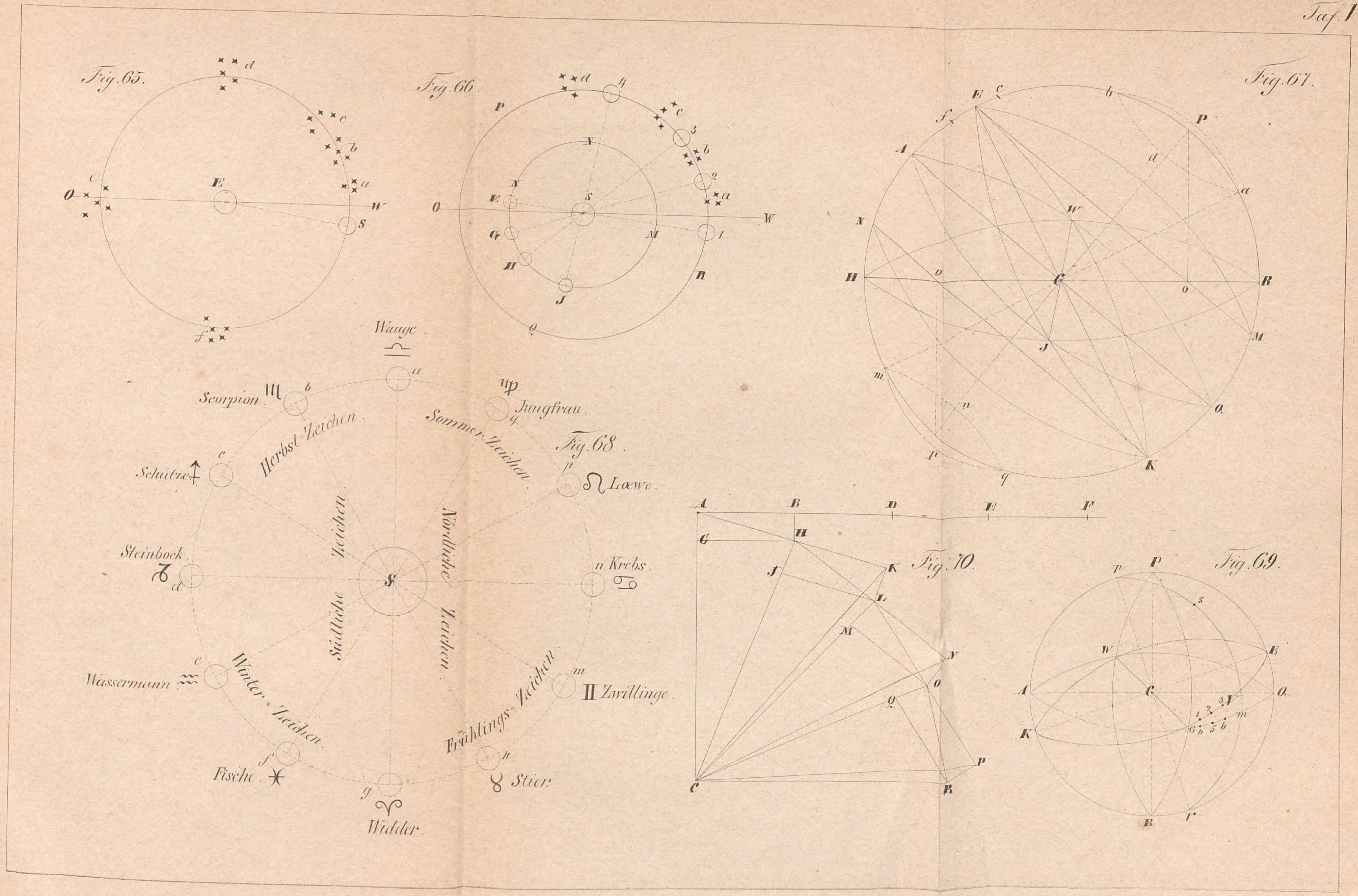

Taf. V.
Fig. 65.
Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70.
Waage
Scorpion
Jungfrau
Herbst-Zeichen
Sommer-Zeichen
Schütze
Loewe
Steinbock
Krebs
Südliche Zeichen
Nördliche Zeichen
Wassermann
Winter-Zeichen
Frühlings-Zeichen
Zwillinge
Fische
Stier
Widder

Fig. 71.

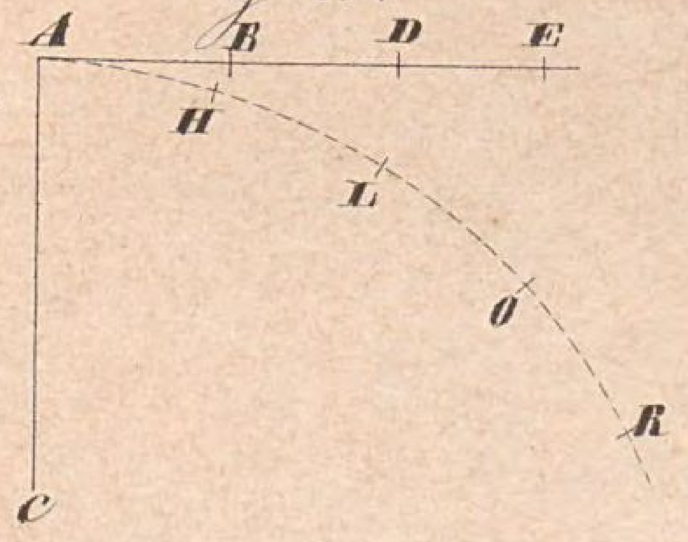


Fig. 72.

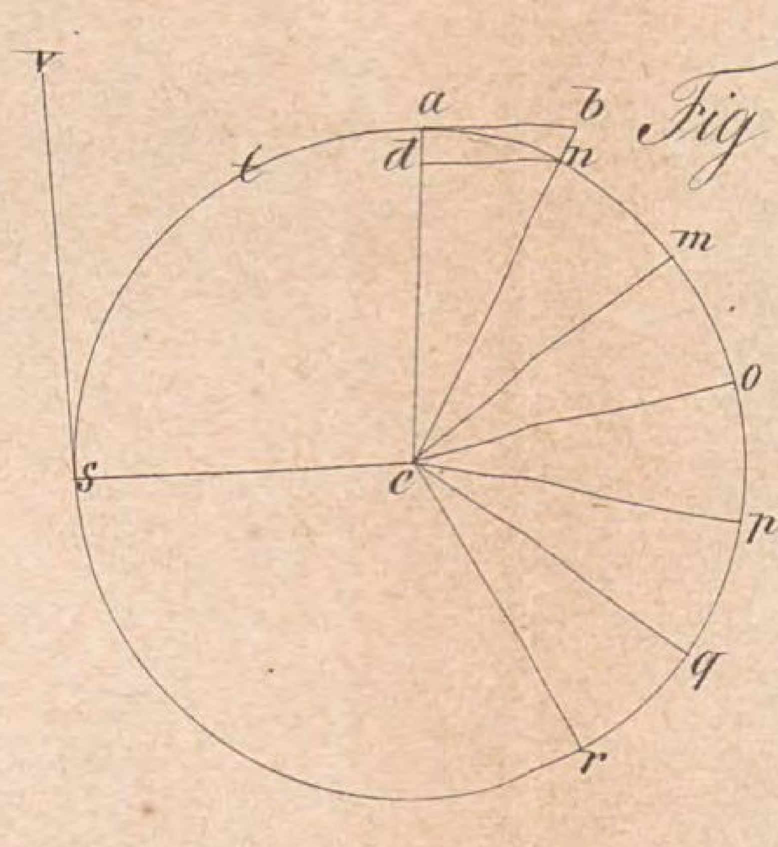


Fig. 73

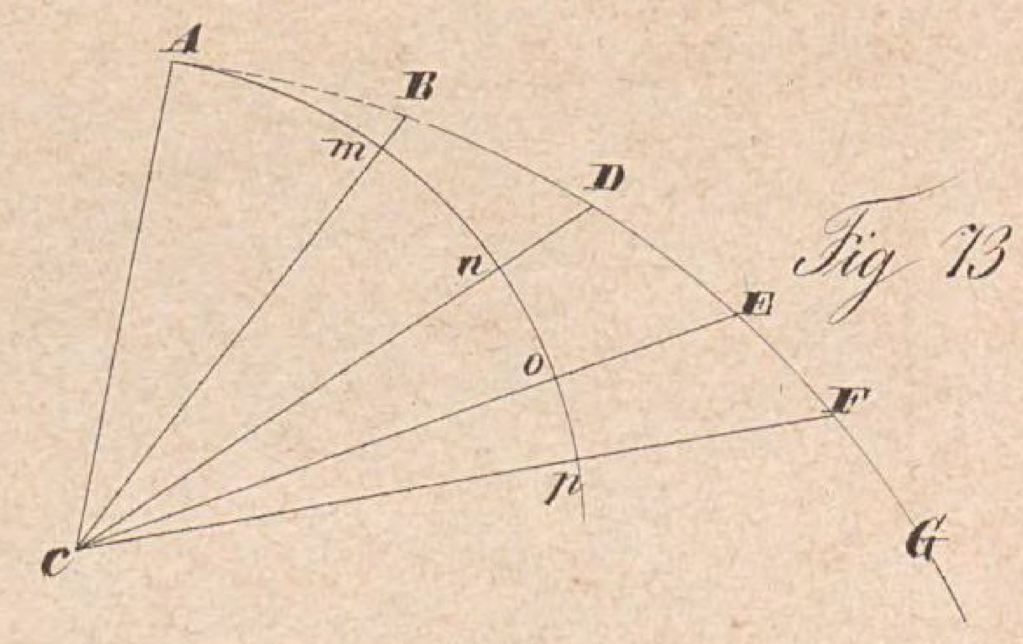


Fig. 74.

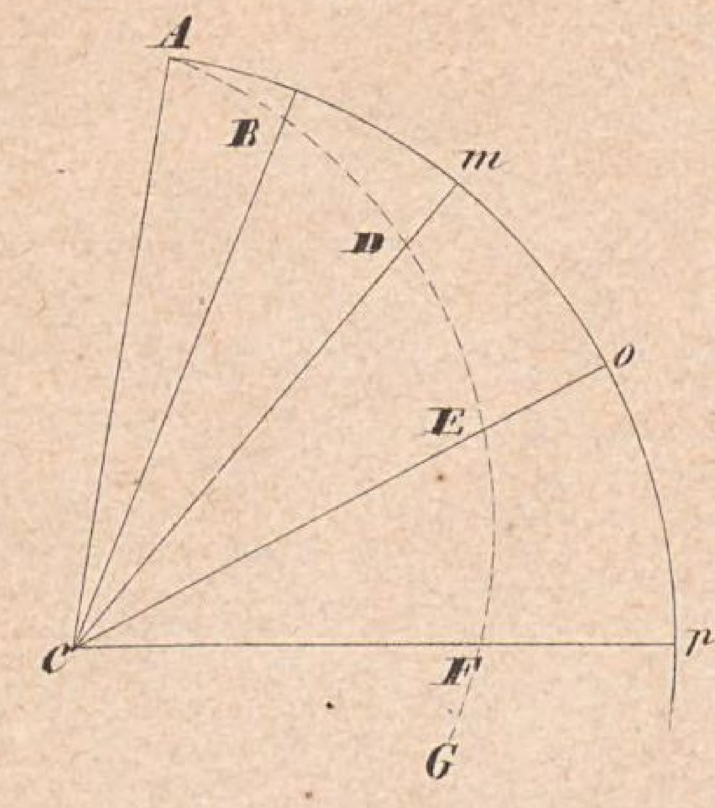


Fig. 75.

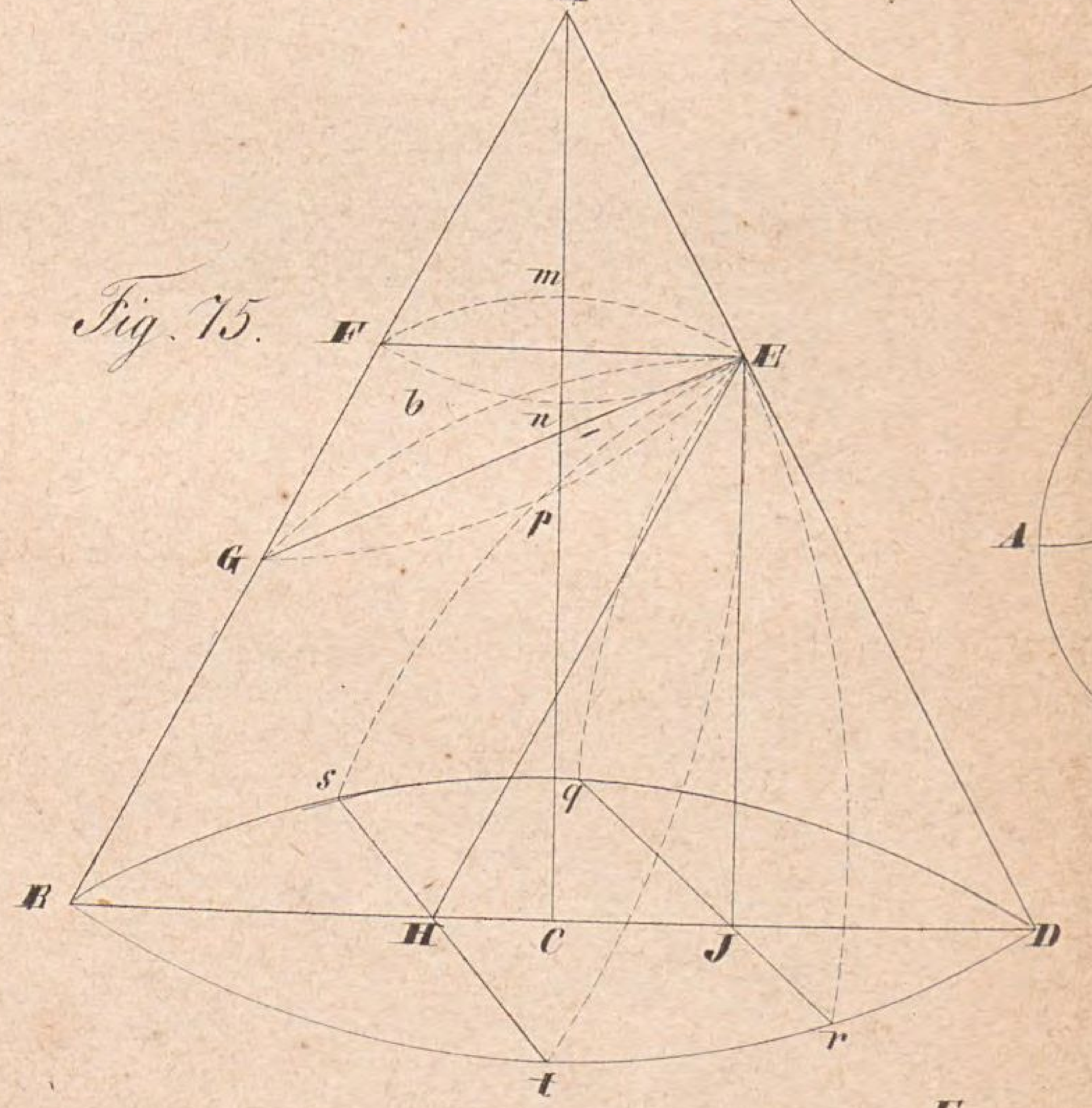


Fig. 76.

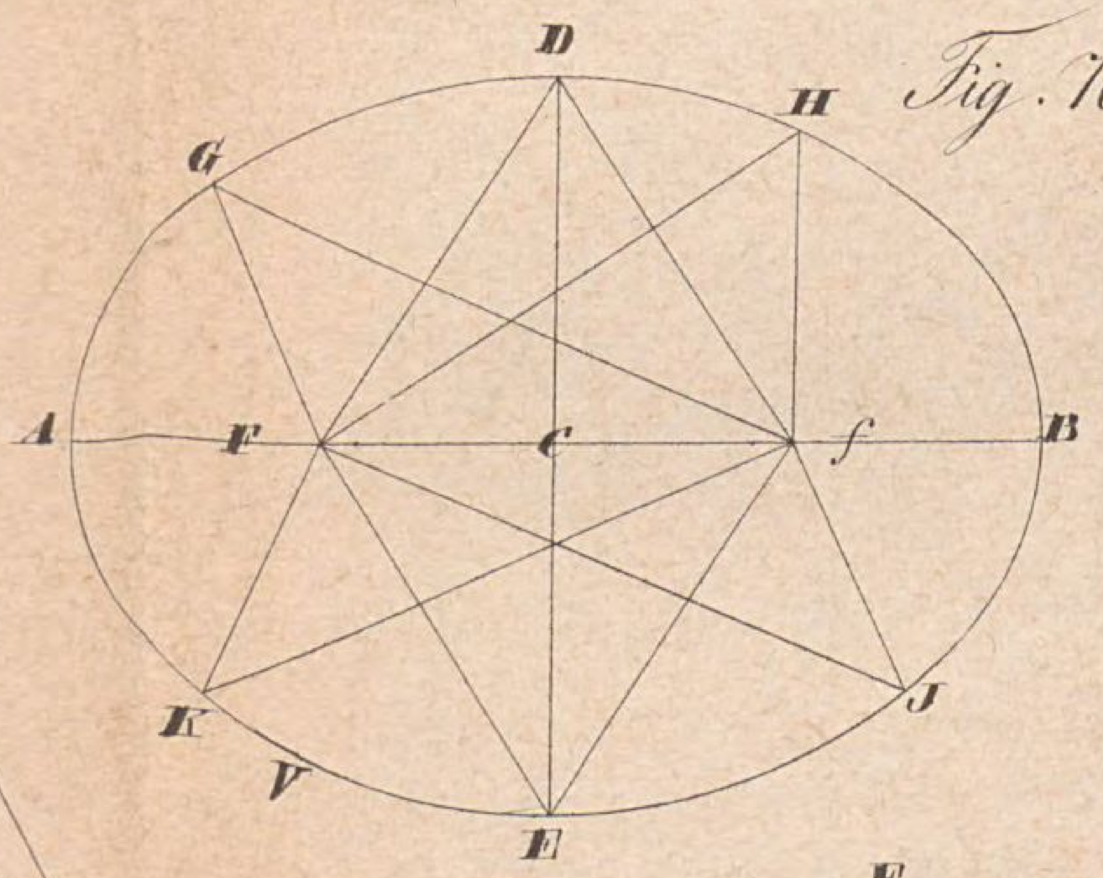


Fig. 77.

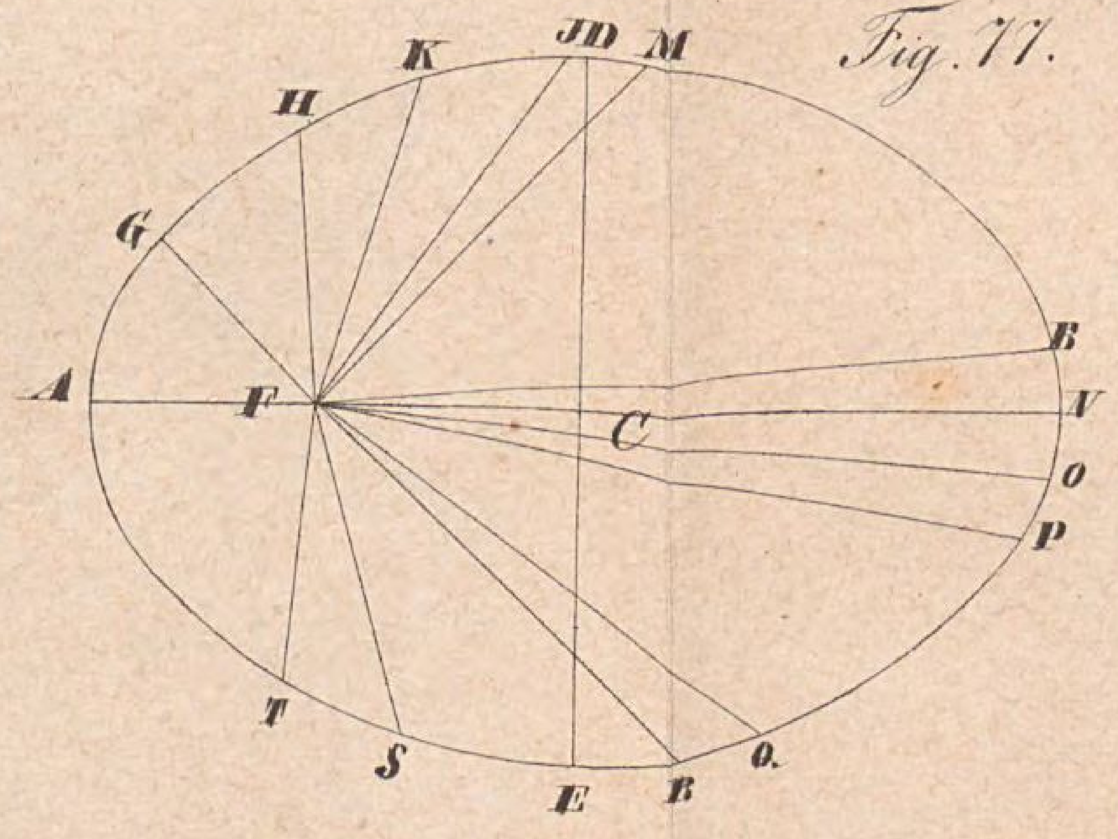


Fig. 78.

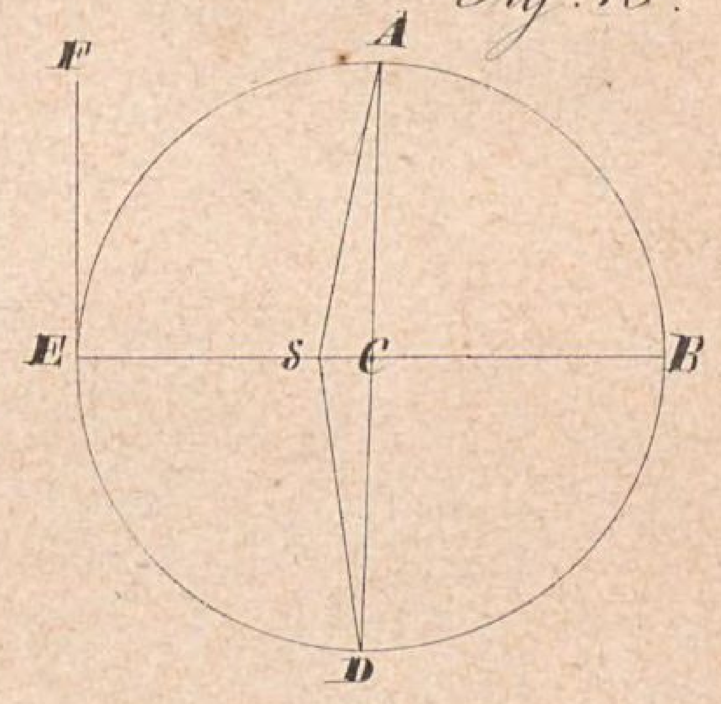


Fig. 79.

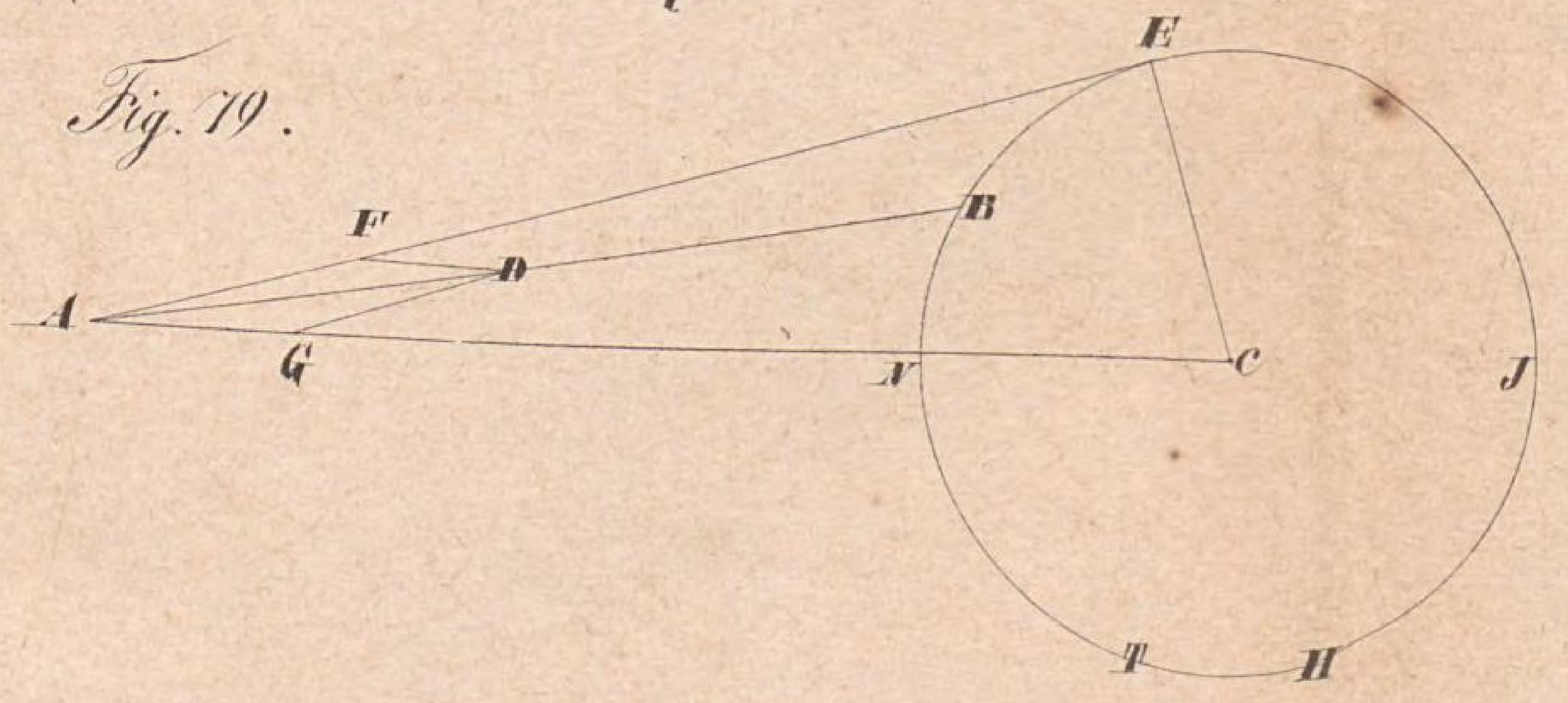


Fig. 80.

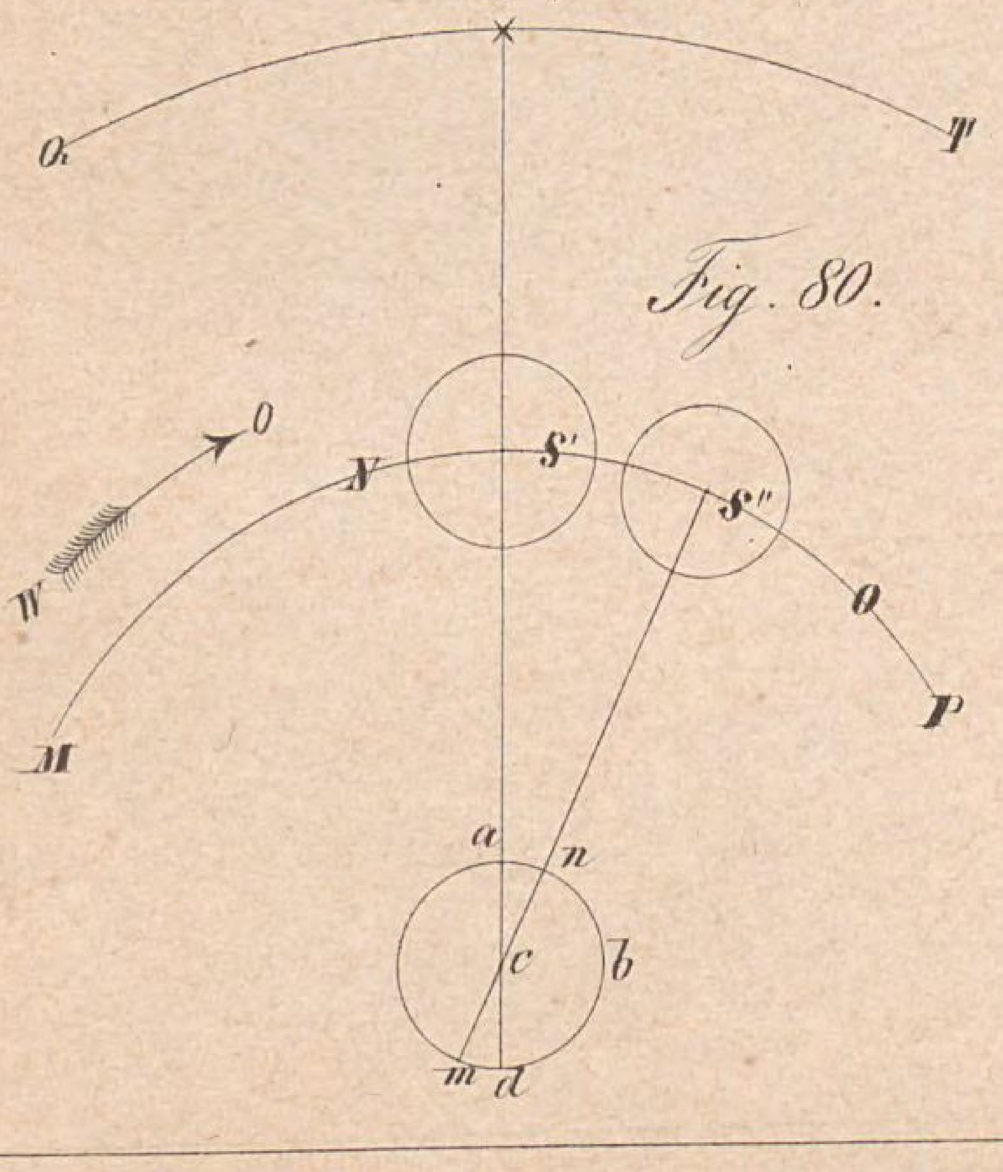


Fig. 81.

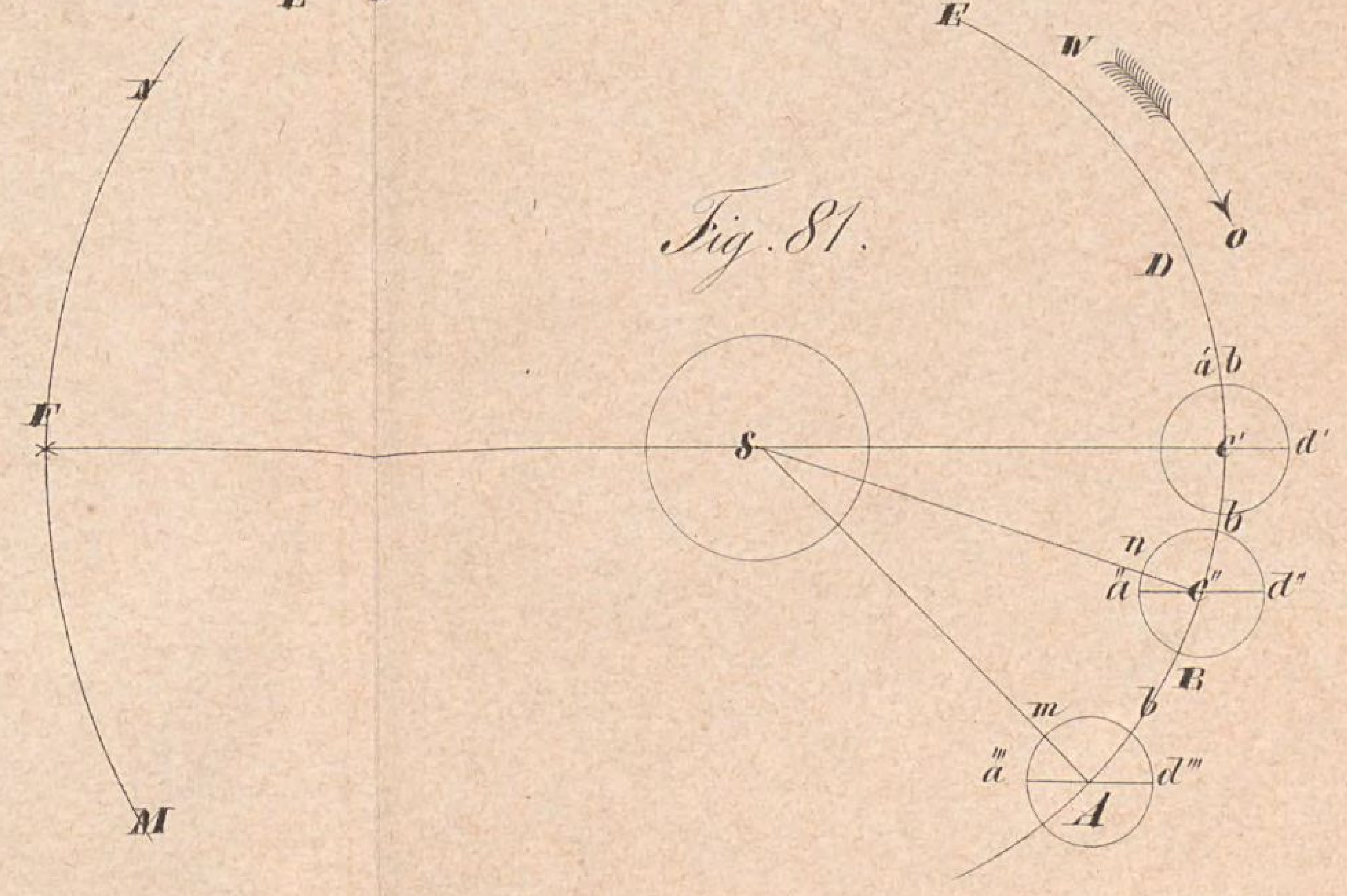


Fig. 82.
J D H G A F C B E
Fig. 83.
S J O W M N H E F a D A G B
Fig. 84.
G J A B K H M C D L E F
Sonne.
Mond.
Fig. 85.
C a B b c J d M e n D m A p F Erde. q K L E
Fig. 87.
P R Q S D O N V M G E
Fig. 86.
S W O B M N C A b c a d h E f g
Fig. 88.
A B O S W T R N M E Q P

Fig. 89.

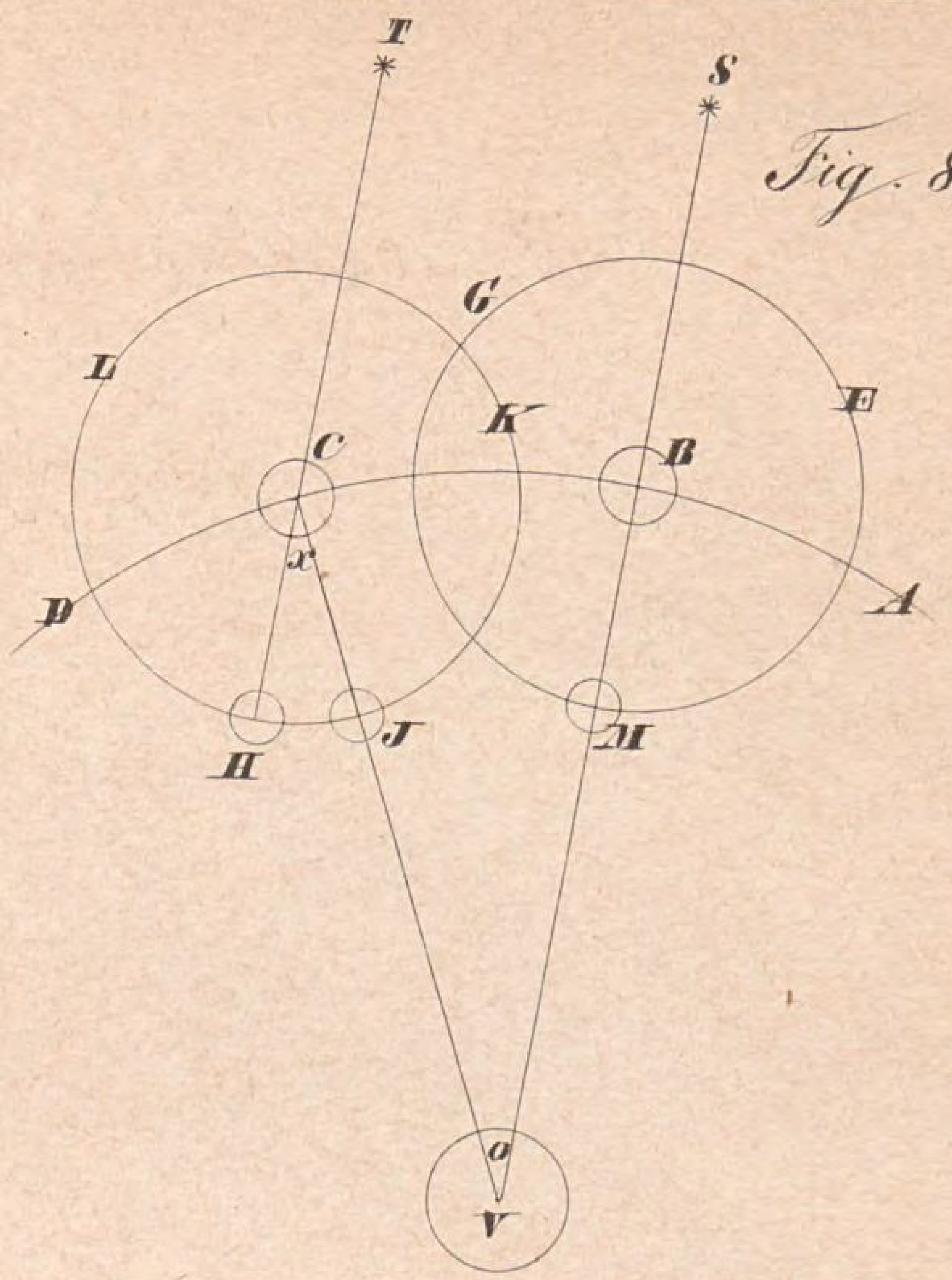


Fig. 90.

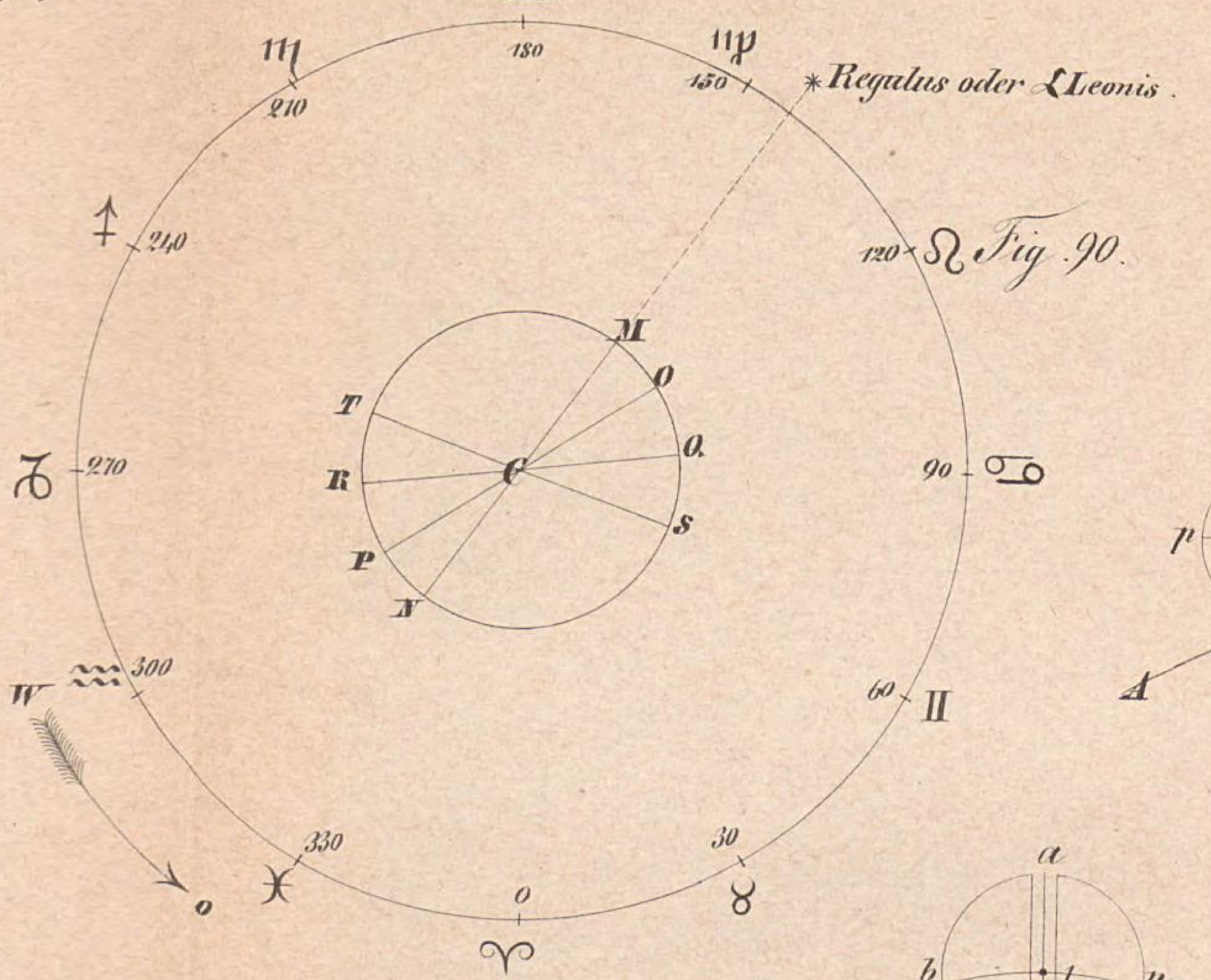


Fig. 94.

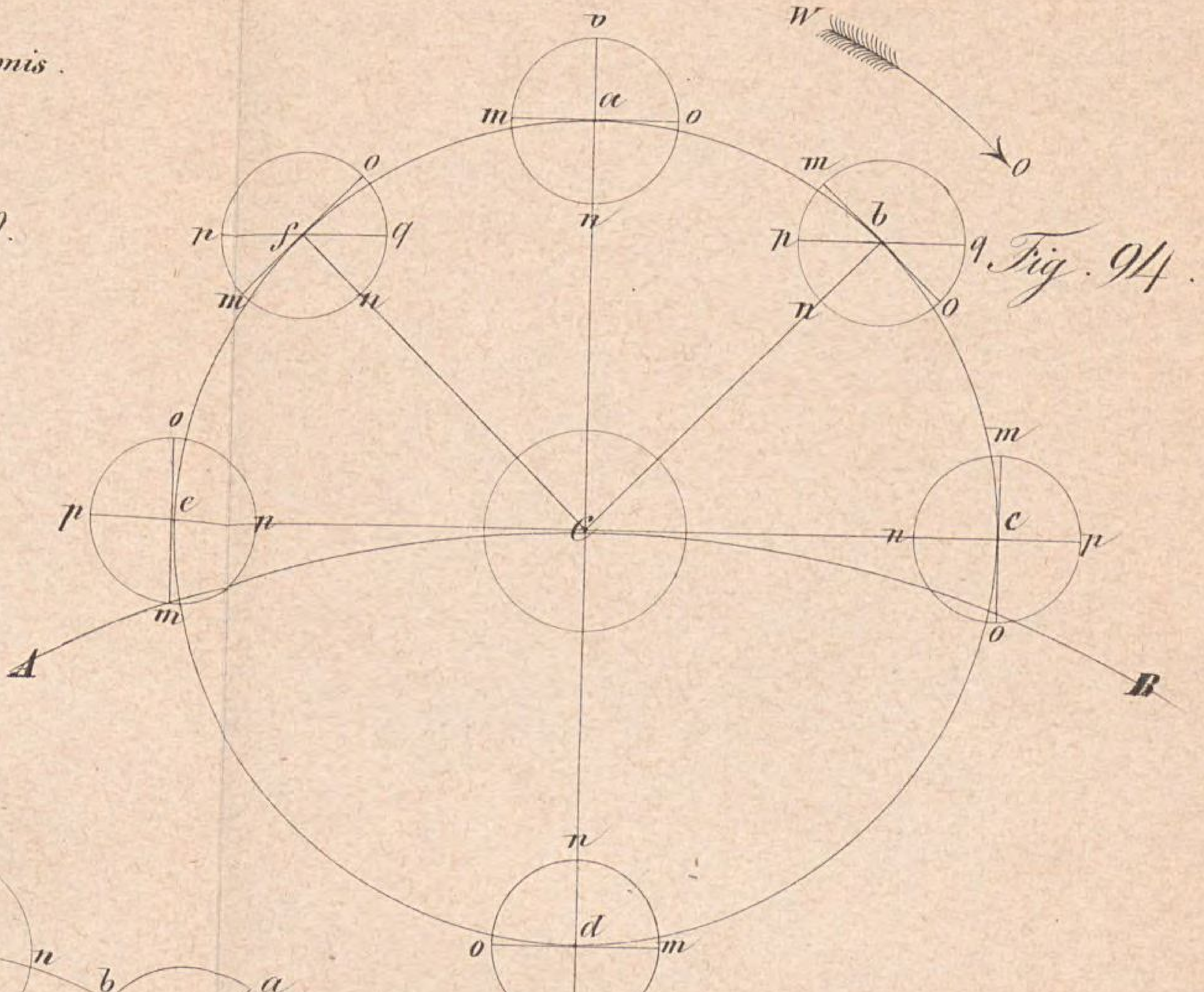


Fig. 92.

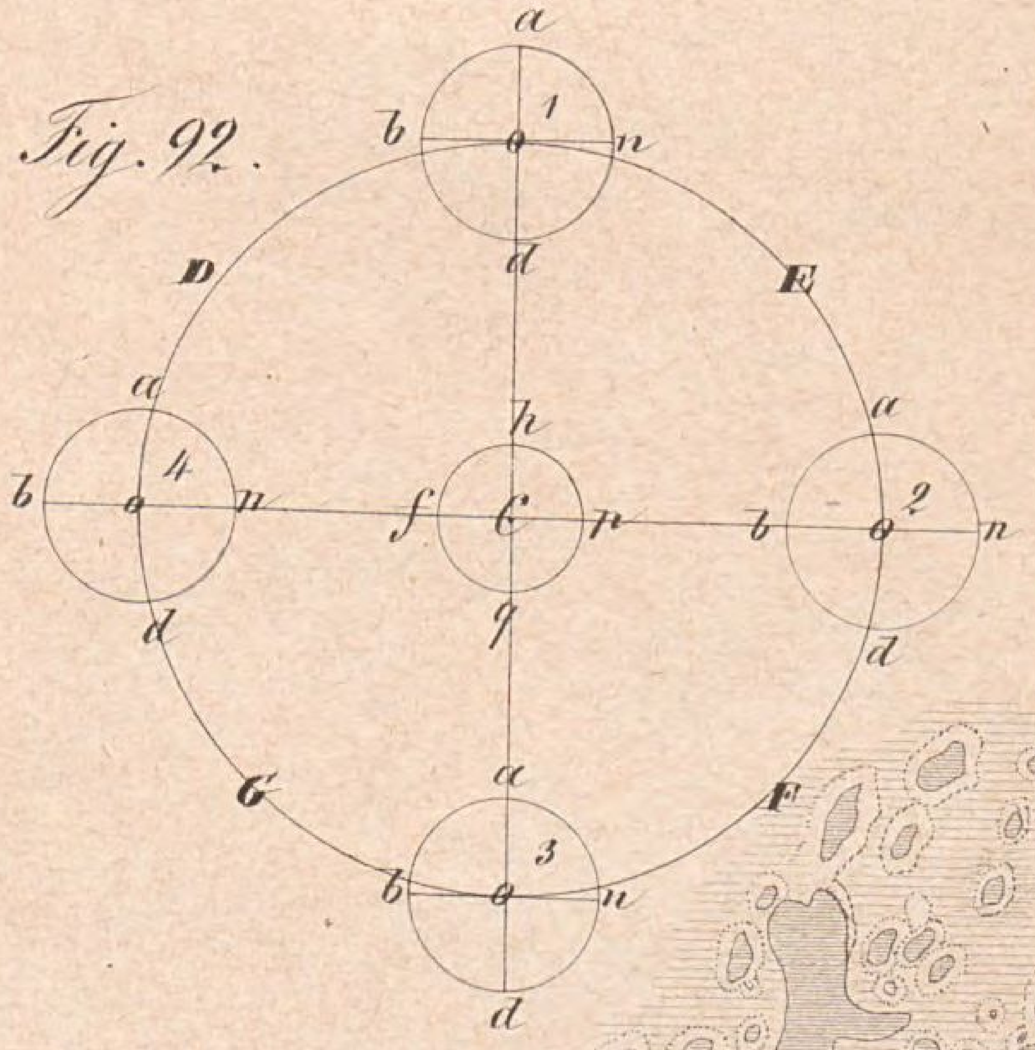


Fig. 91.

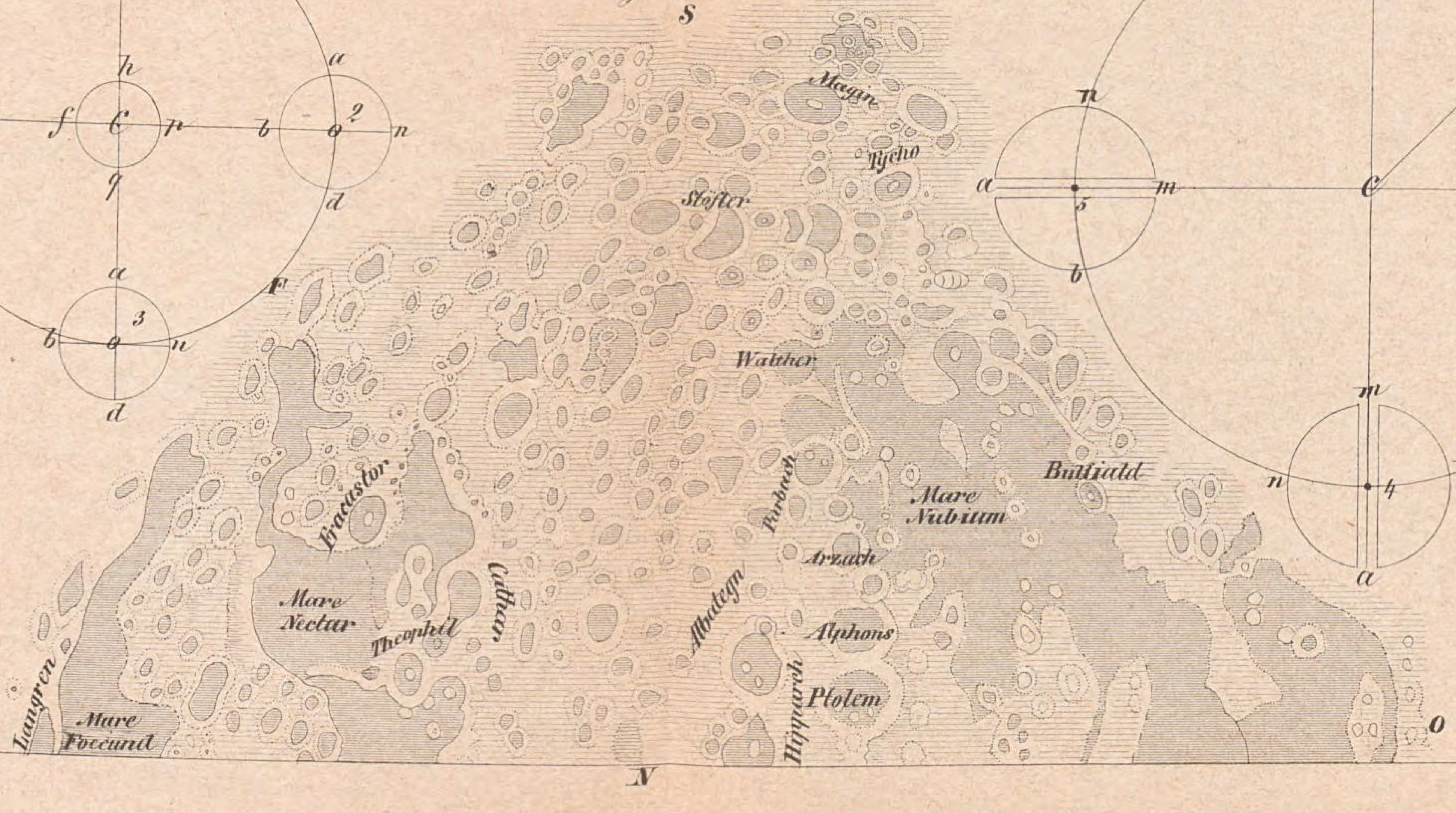


Fig. 93.

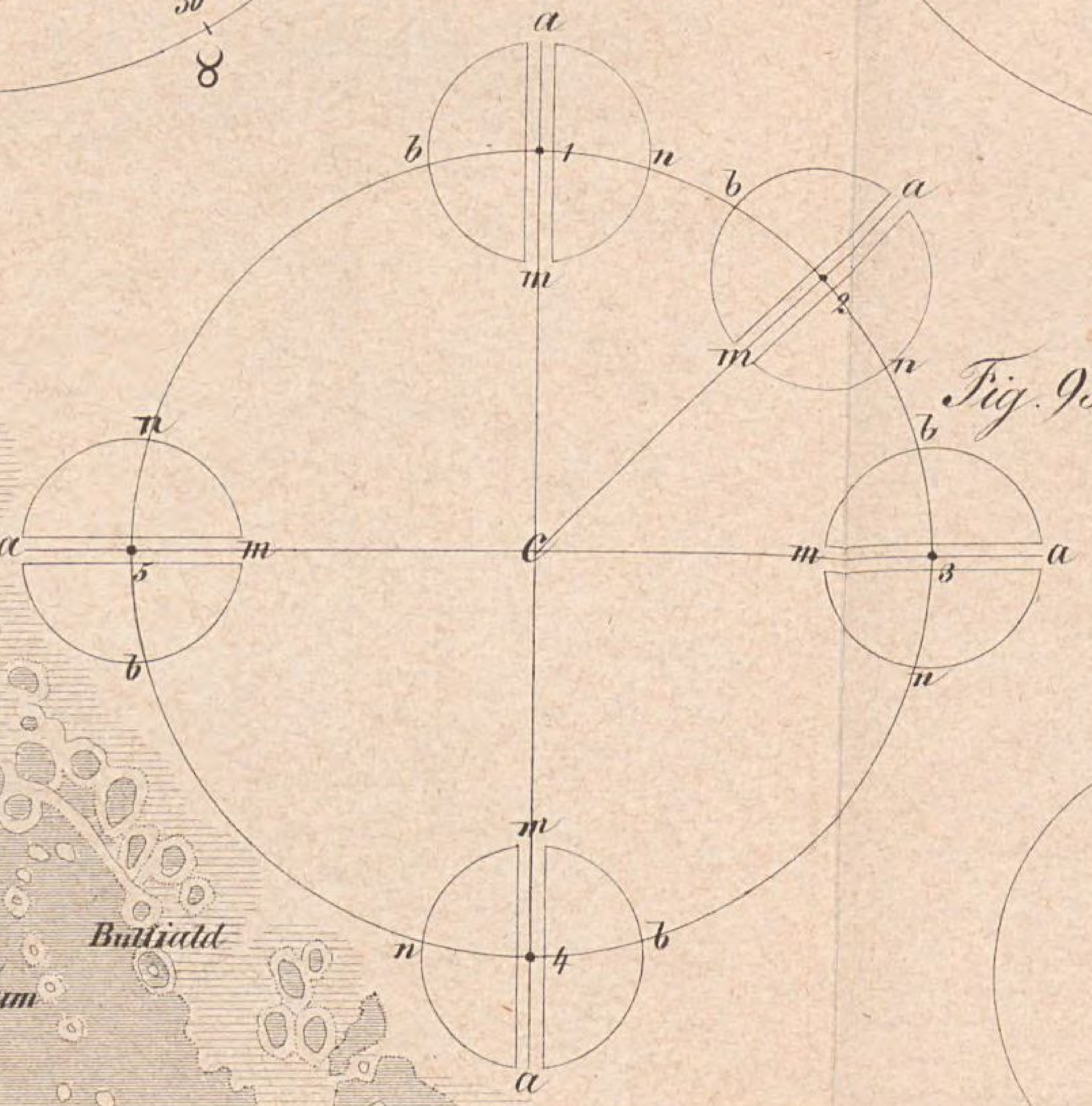


Fig. 95.

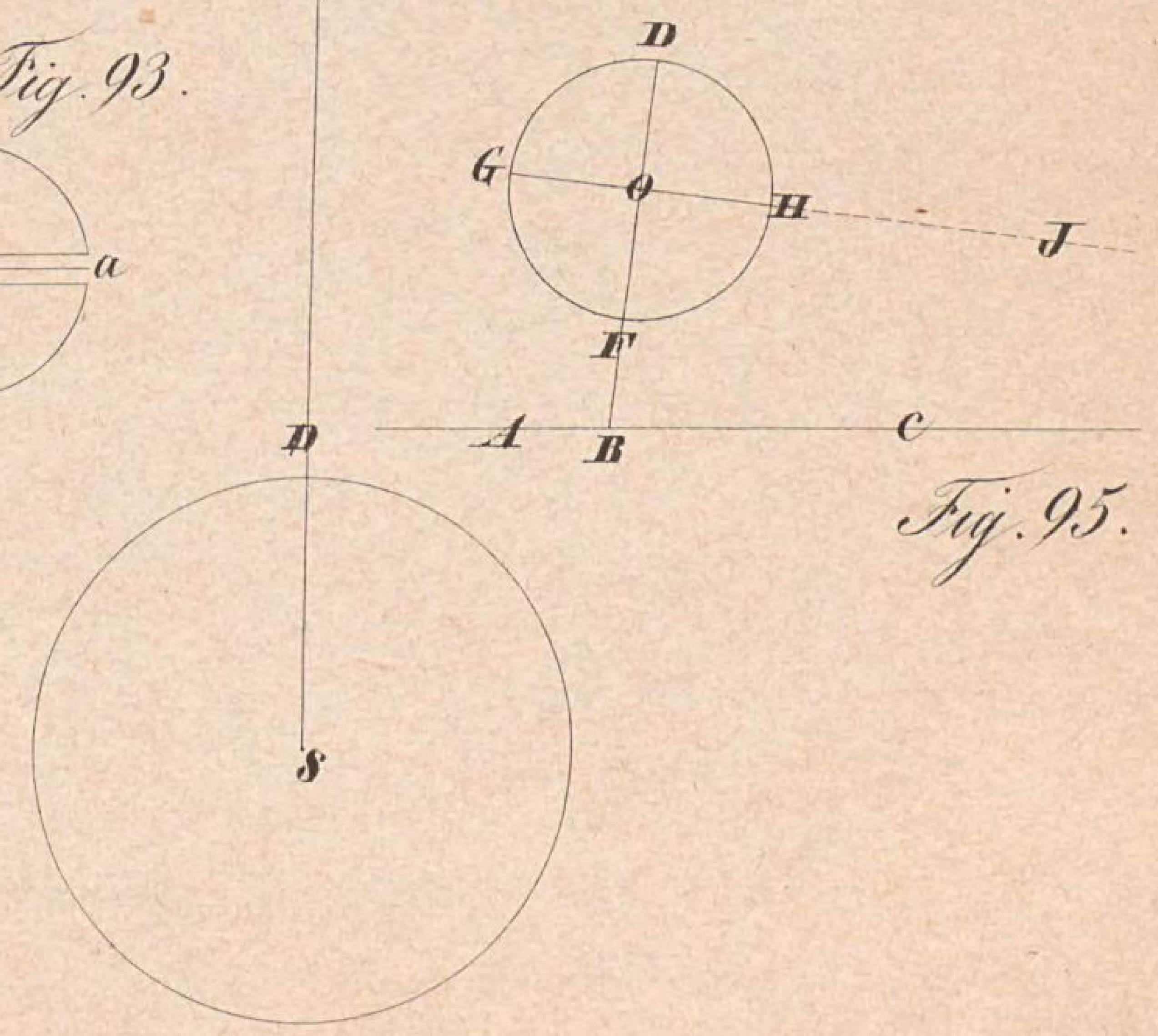


Fig. 96.

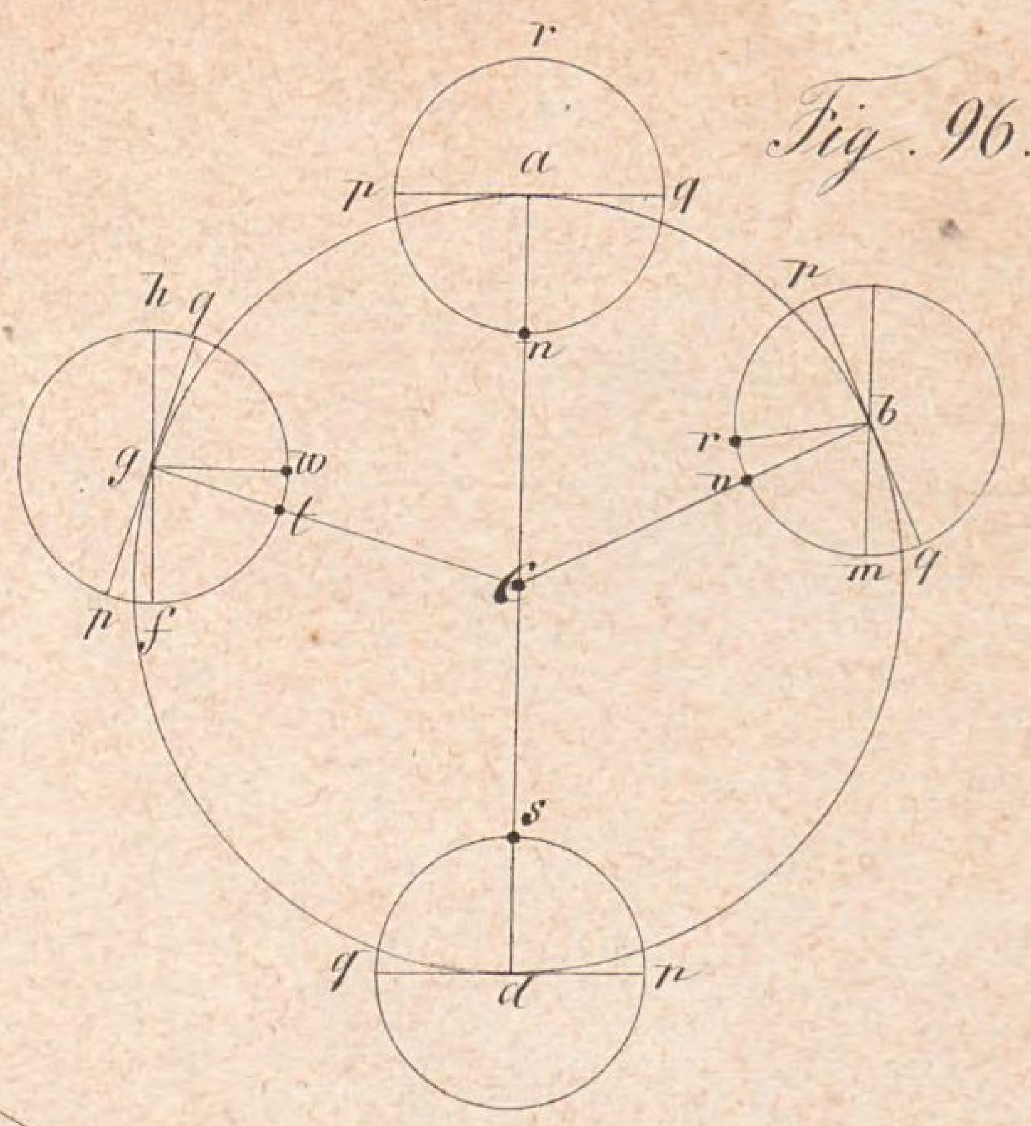


Fig. 97.

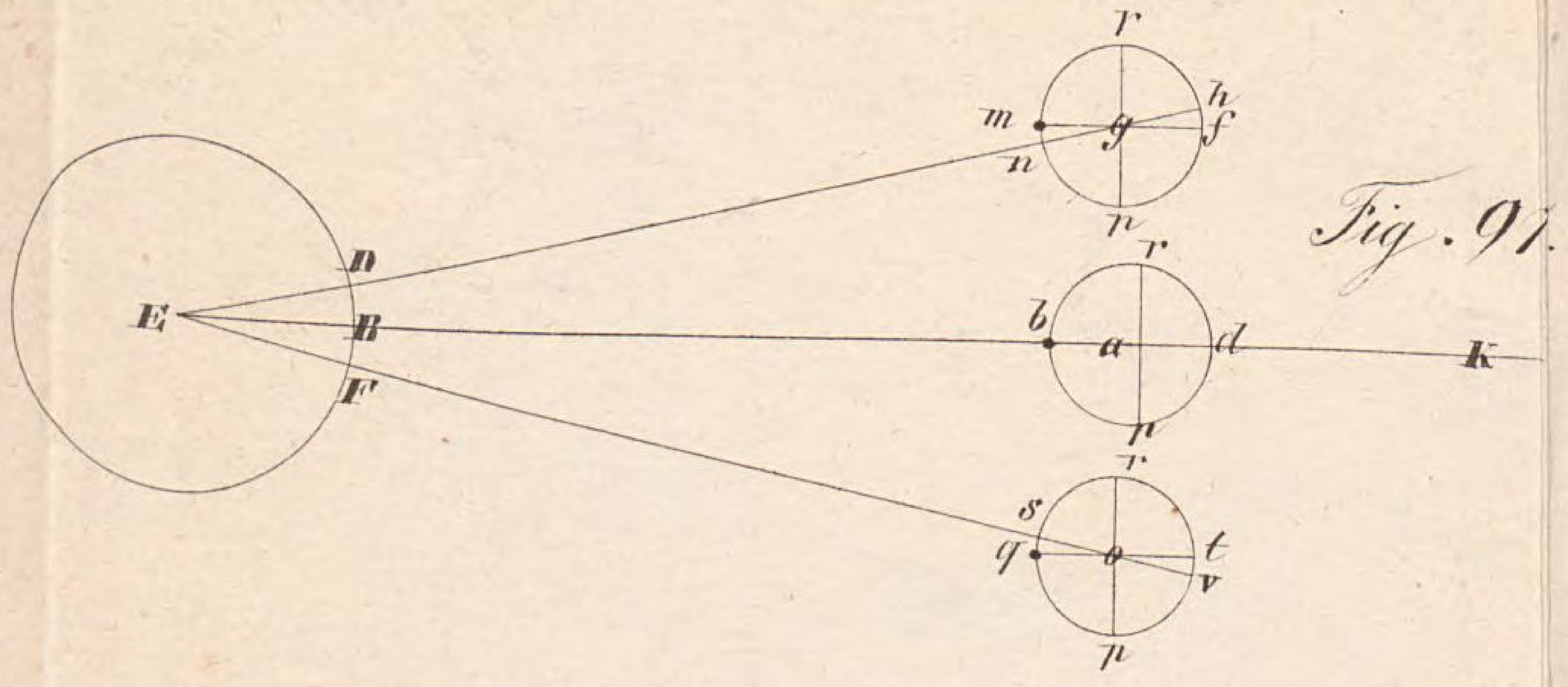


Fig. 98.

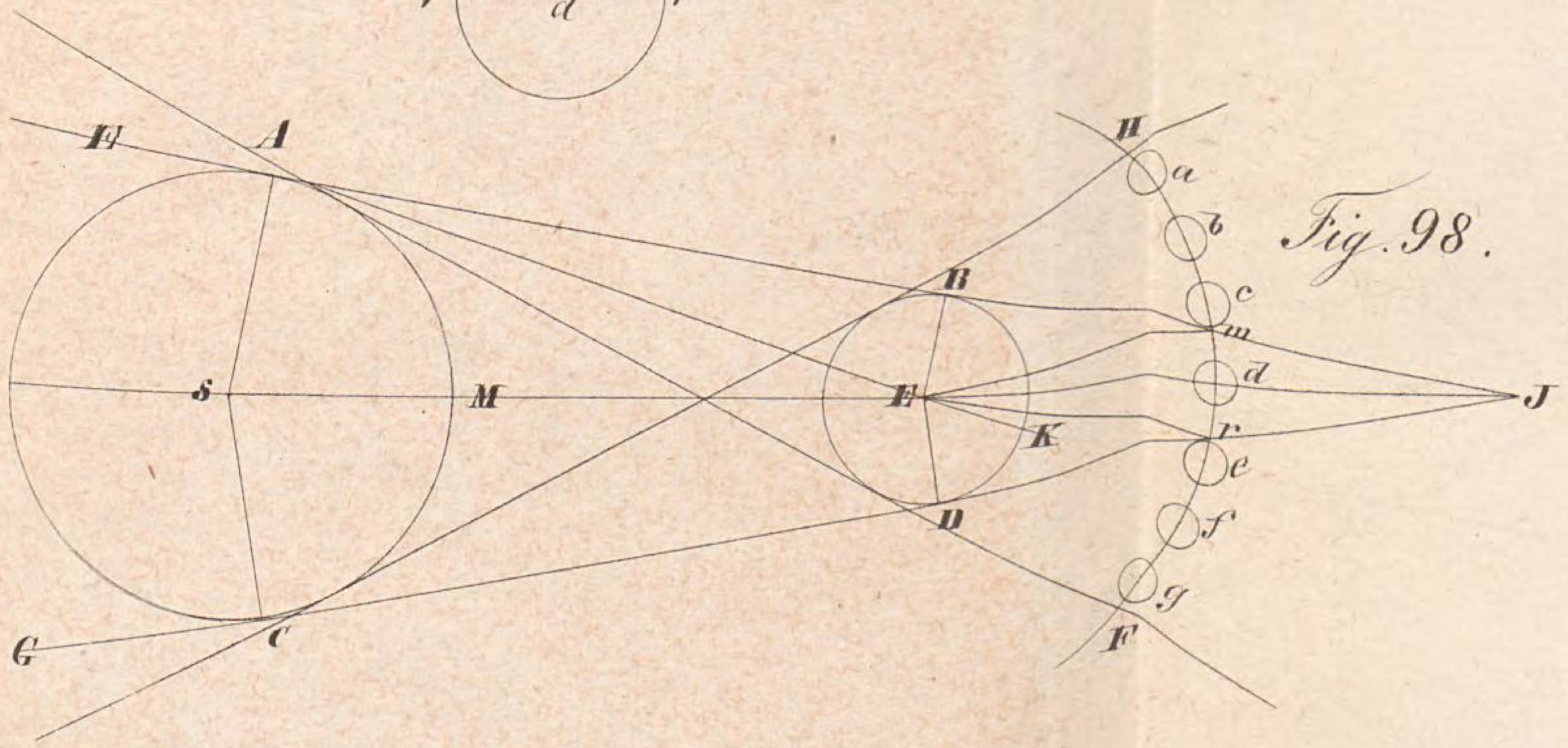


Fig. 99.

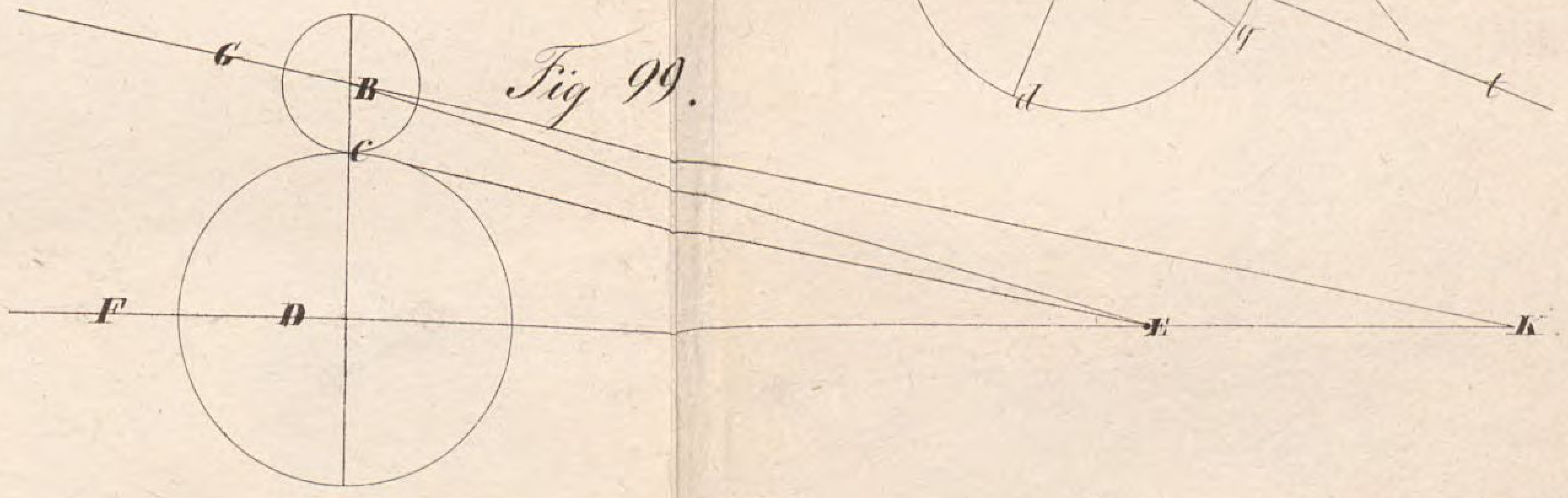


Fig. 102.

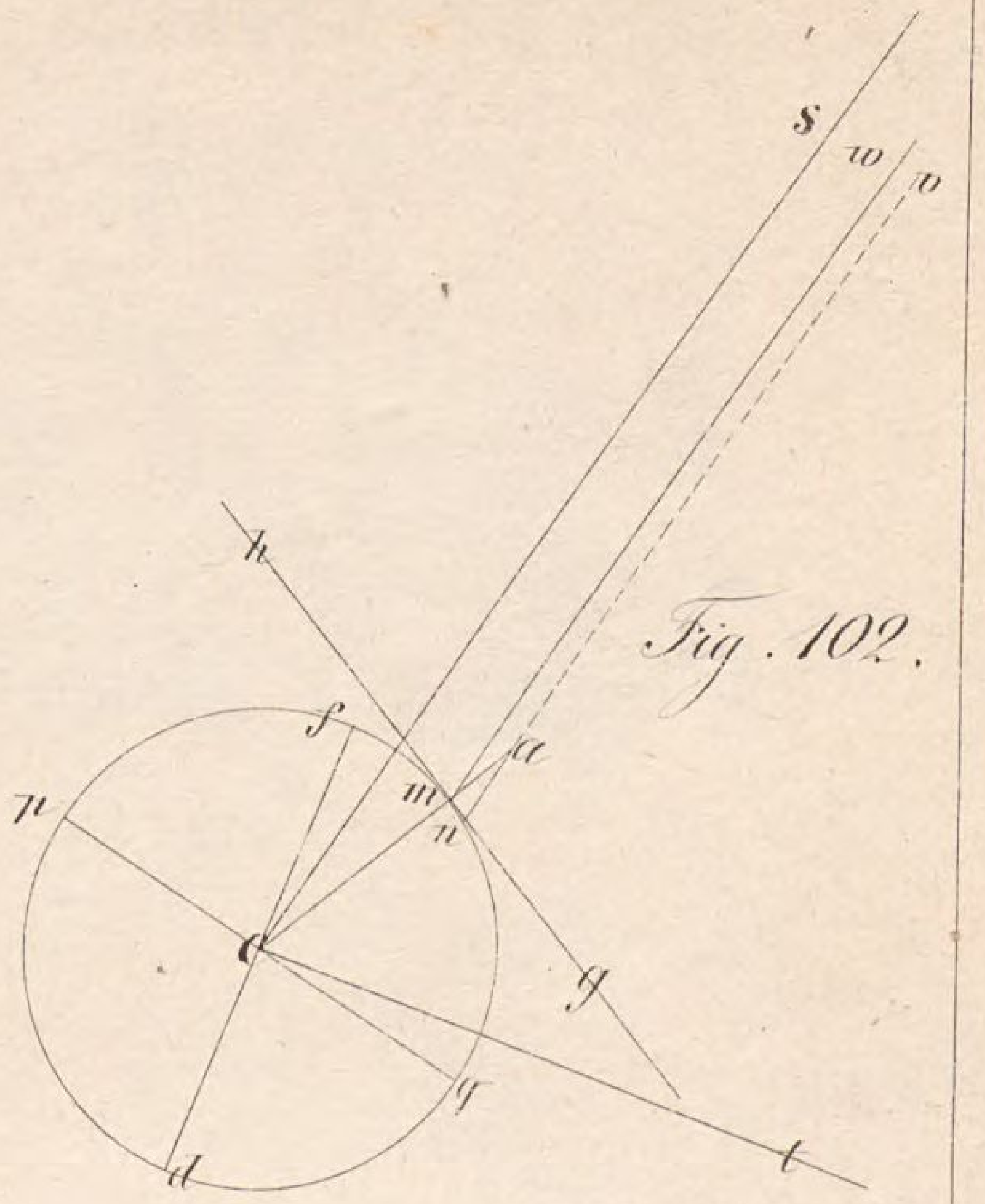


Fig. 100.

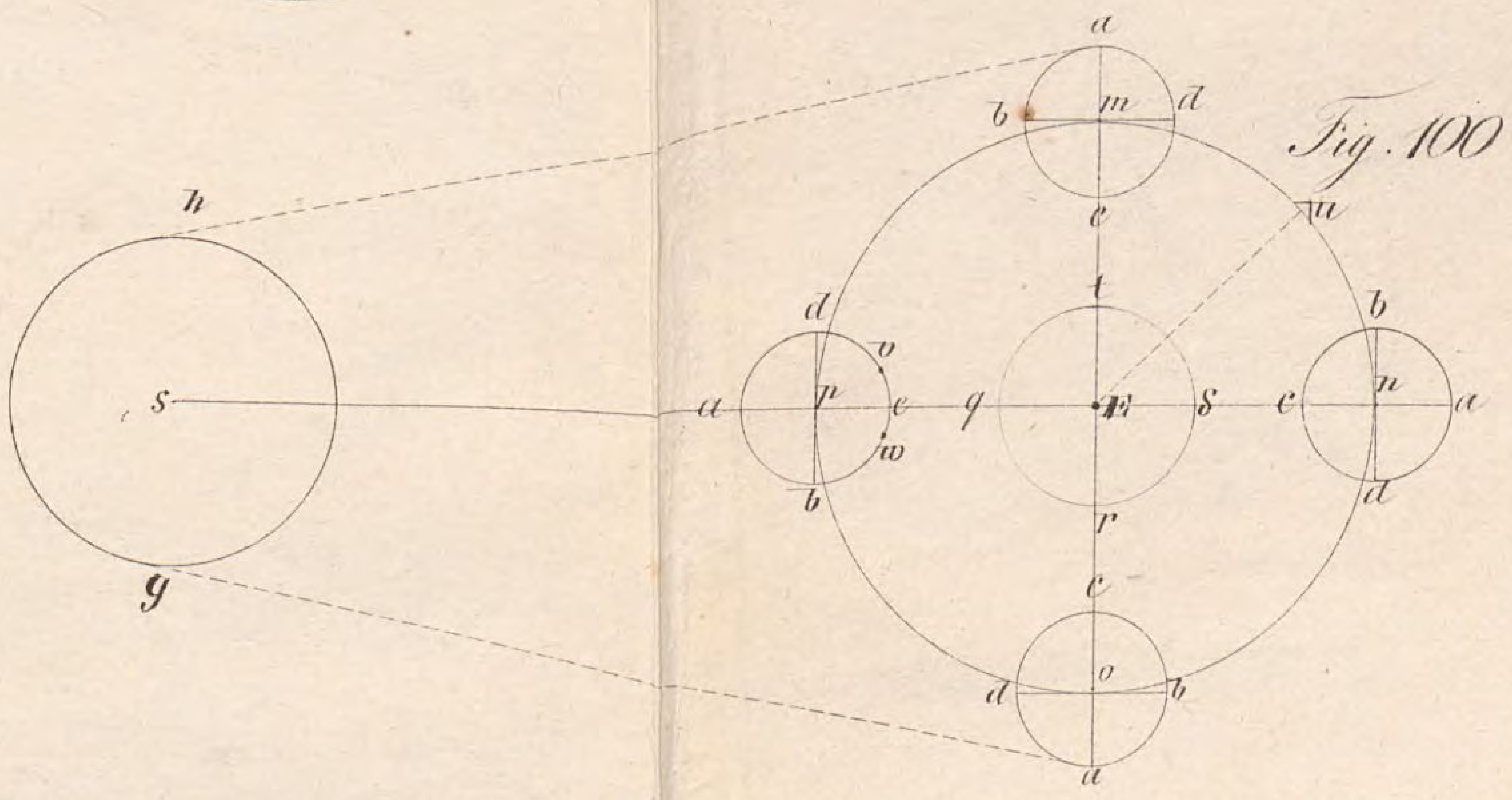
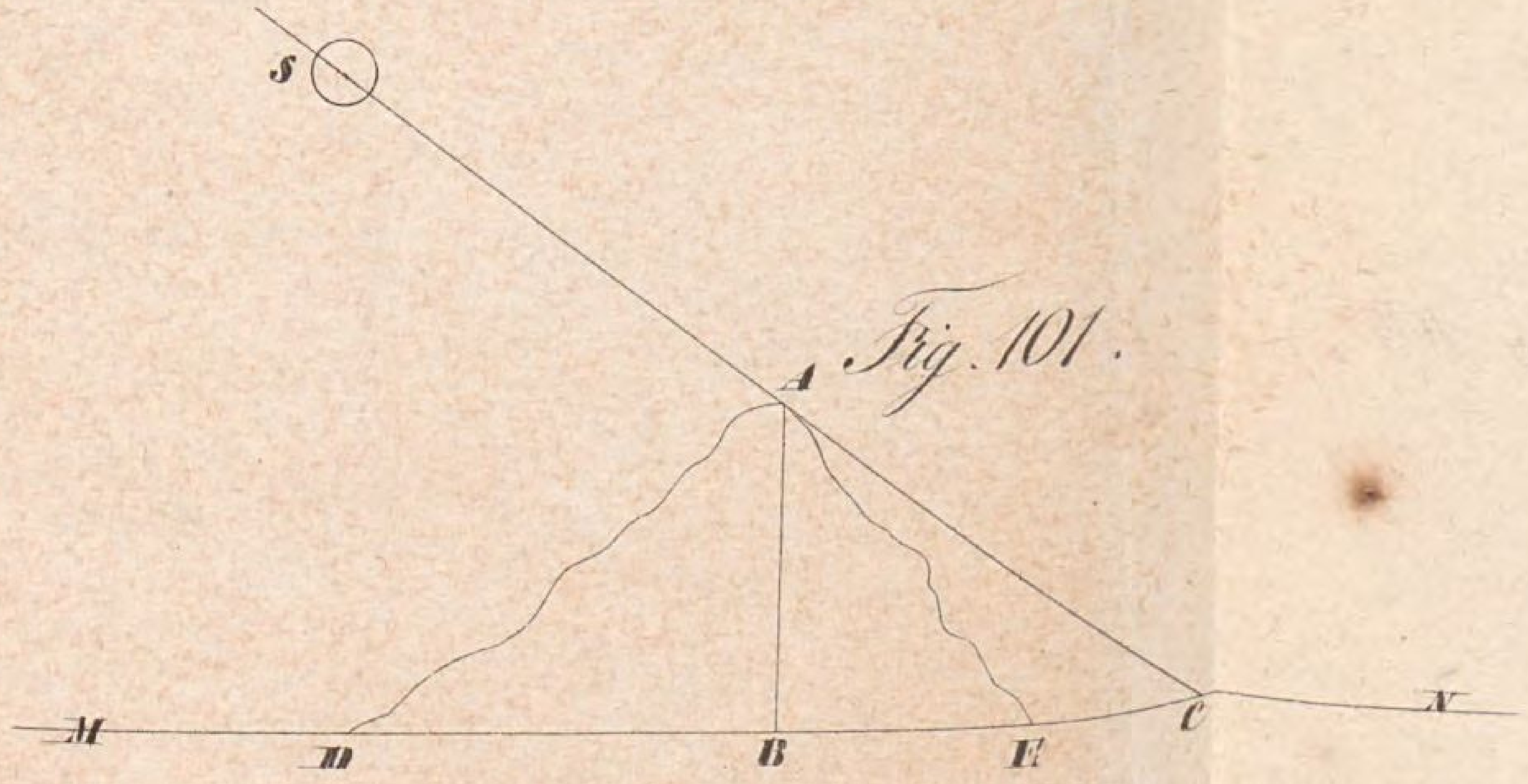


Fig. 101.



Lith. artist. Anst. von M. Frommann in Darmstadt.

Fig. X.

Fig. 104.

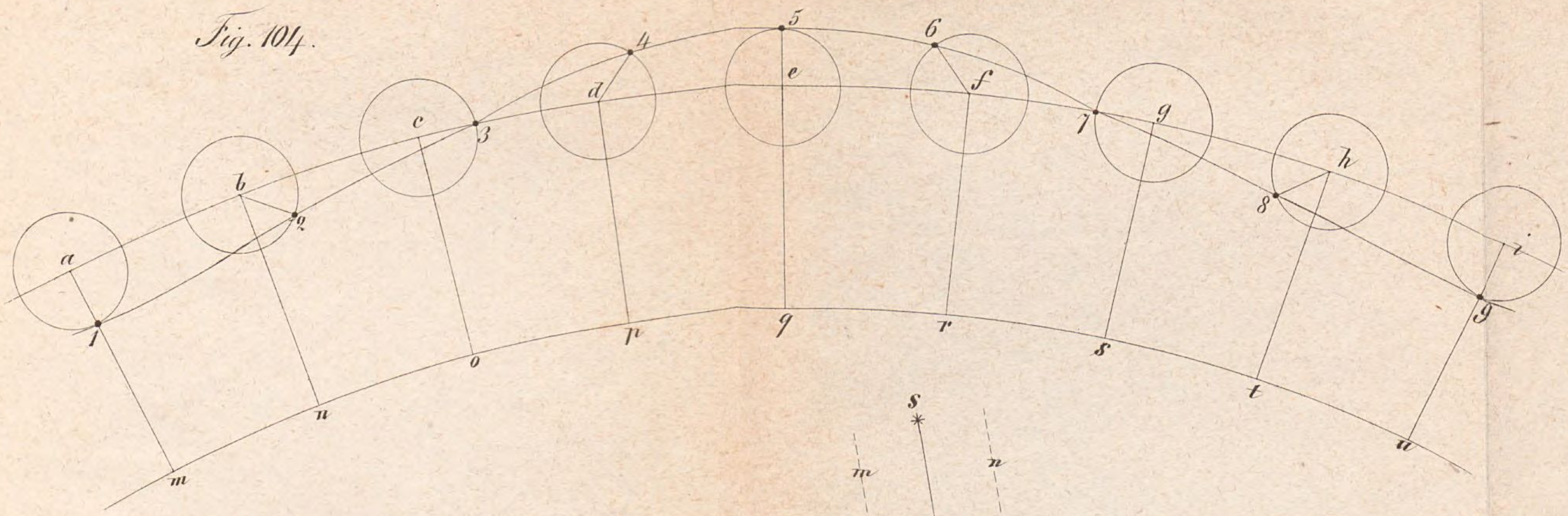


Fig. 105.

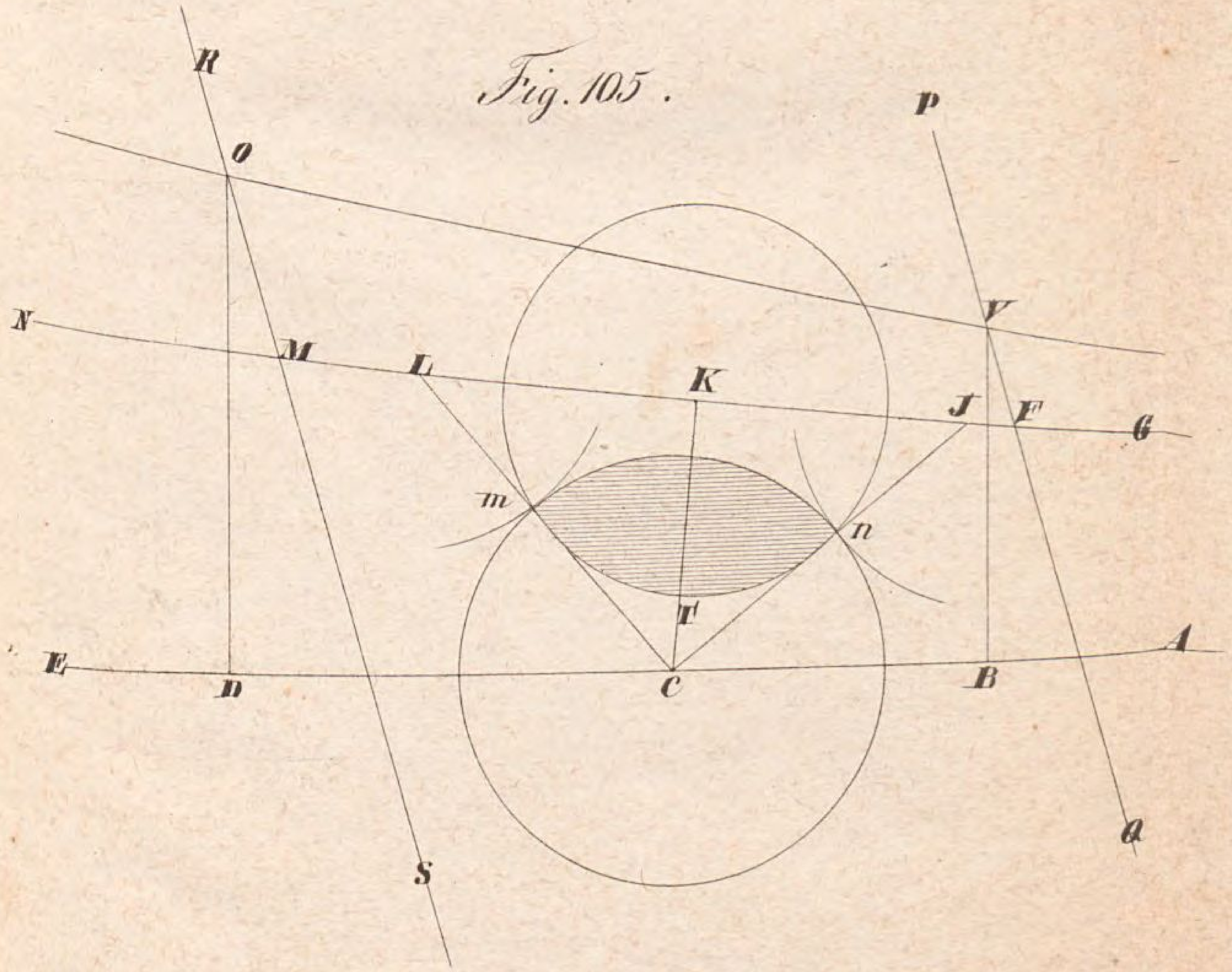
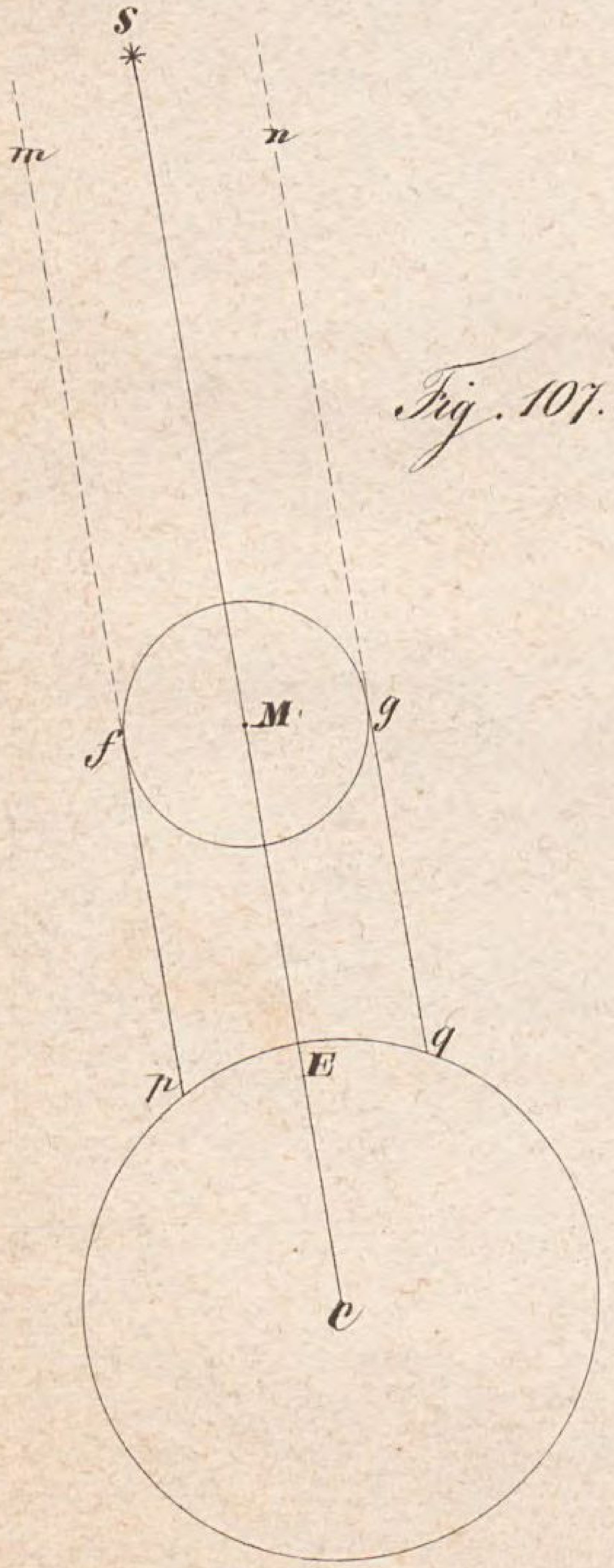


Fig. 107.



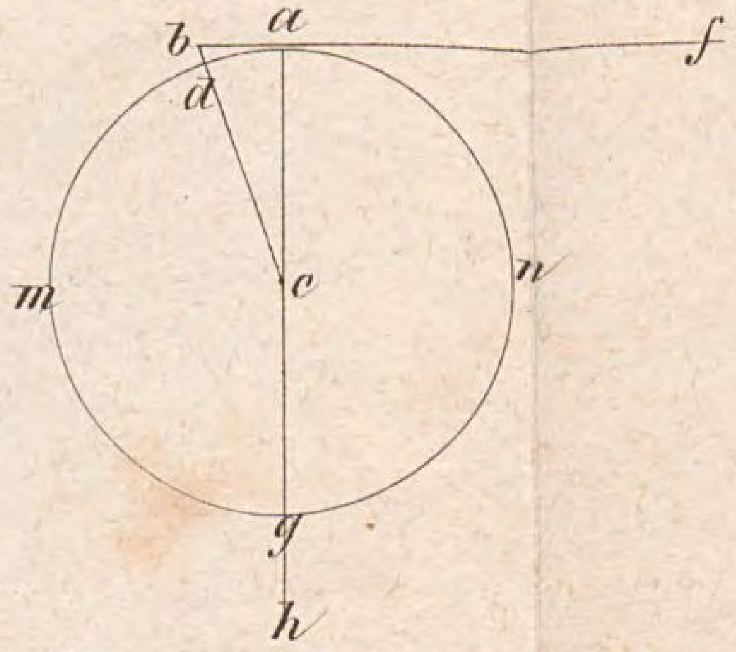
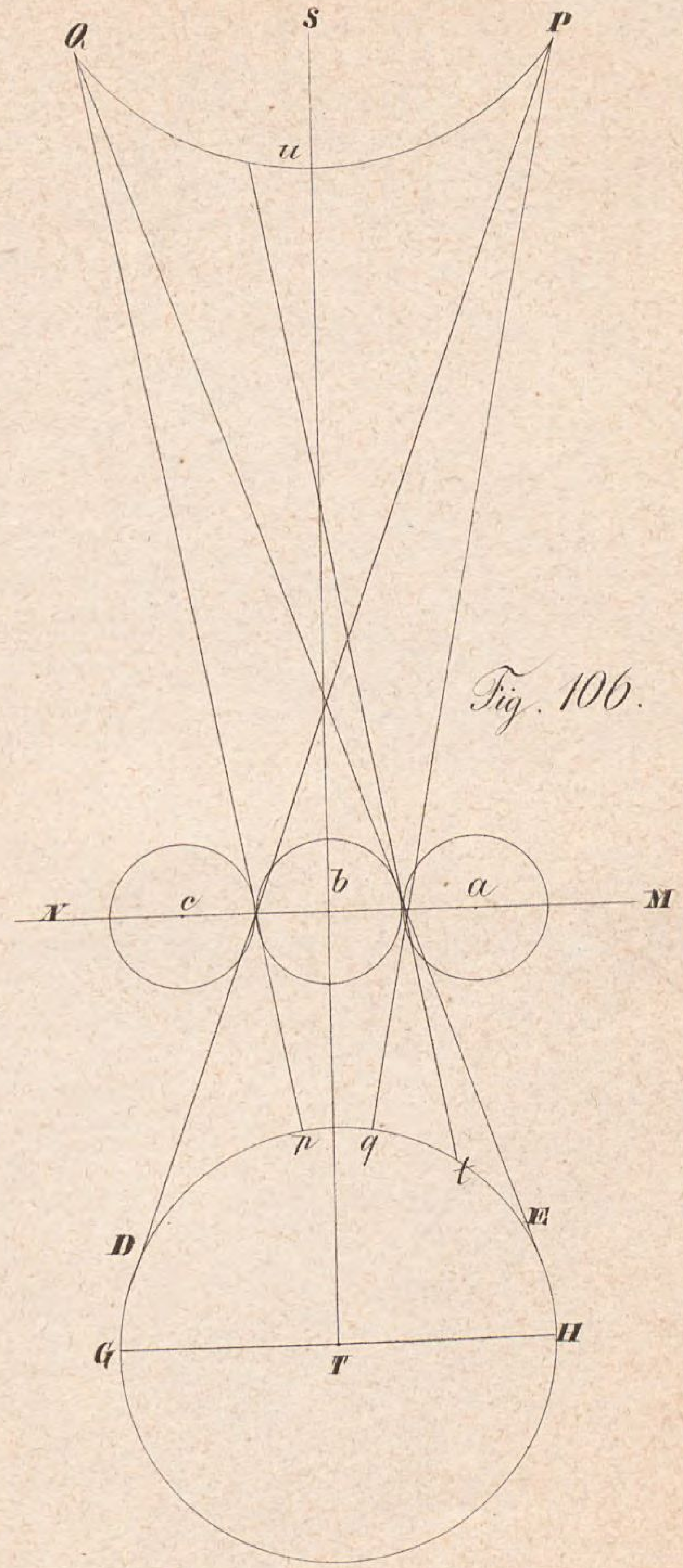


Fig. 103.

Fig. 106.



lith. artist. Anst. von M. Frommann in Darmstadt.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hoffmann, Johann Josef Ignaz <<von>>,

Sonne, Erde und Mond astronomische Elementarlehren faßlich dargestellt

Aschaffenburg 1845

Astr.u. 80 m

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10060964-5